UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

Выпуск: 8(65)

Август 2019

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. – № 8(65). М., Изд. «МЦНО», 2019. – 40 с. – Электрон. версия печ. публ. – <http://7universum.com/ru/tech/archive/category/865>

ISSN (печ.версии): 2500-1272

ISSN (эл.версии): 2311-5122

DOI: 10.32743/UniTech.2019.65.8

Учредитель и издатель: ООО «МЦНО»

ББК 3

© ООО «МЦНО», 2019 г.

Содержание

Информатика, вычислительная техника и управление	4
АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИИ ПРИ ЗАГРУЗКЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА ВНЕШНИМ ПОТОКОМ	4
Мусаев Мухаммаджон Усарович	
Хужаев Туймурод Худдиевич	
Муминова Фотима Абдурахимовна	
Химическая технология	8
ВЛИЯНИЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ШЛАКОВ НА СВОЙСТВА СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДОЛОМИТОВОЙ ИЗВЕСТИ	8
Джандуллаева Мунавара Сапарбаевна	
Атакузиев Темир Азимович	
Эшметова Дилафруз Зухриддиновна	
Бобокулов Акбар Носирович	
СИНТЕЗ СУПЕРАБСОРБЕНТНОГО ГИДРОГЕЛЯ НА ОСНОВЕ КРАХМАЛА, АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И МОНТМОРИЛЛОНИТА	13
Холназаров Баходир Азамович	
Тураев Хайит Худайназарович	
Ширинов Шавкат Давлатович	
Джалилов Абдулахат Турапович	
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПОДОГРЕВА НЕФТИ В ТРУБЧАТЫХ АППАРАТАХ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОЛЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ	17
Худайбердиев Абсалом Абдурасулович	
ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ФУРАНОВЫЕ ОЛИГОМЕРЫ И ПЕНОПОЛИУРЕТАНЫ НА ИХ ОСНОВЕ	22
Низамов Тулкун Абдусаматович	
Алимухамедов Музафар Ганиевич	
Магруппов Фархад Асадуллаевич	
ПОЛИТЕРМА РАСТВОРИМОСТИ СИСТЕМЫ НИТРАТА КАРБАМИДА - МОНОЭТАНОЛАМИН – ВОДА	26
Толипов Фуркат Рустам угли	
Шукуров Жамшид Султонович	
Тогашаров Ахат Салимович	
Тухтаев Сайдиахрал	
Электротехника	31
МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ОДНОФАЗНОГО ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ИНВЕРТОРА ТОКА В РЕЖИМЕ ПРЕРЫВИСТОГО ВХОДНОГО ТОКА	31
Умаров Шухрат Бадреддинович	
Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение	35
ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ ГИДРОФИЦИРОВАННЫХ ГОРНЫХ МАШИН	35
Абдуазизов Набижон Азаматович	
Алиев Тогаймурод Баратович	
Жураев Акбар Шавкатович	
Кенжаев Зариф Ширин угли	

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИИ
ПРИ ЗАГРУЗКЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА ВНЕШНИМ ПОТОКОМ****Мусаев Мухаммаджон Усарович**

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

Хужаев Туймурод Худдиевич

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

Муминова Фотима Абдурахимовна

*студент Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета
им. Ислама Каримова,
Узбекистан, г. Алмалык*

**THE ANALYSIS OF THE SYSTEM MODELS OF THE EXCHANGE TO INFORMATION
WHEN LOADING THE CENTRAL PROCESSOR BY EXTERNAL FLOW****Mukhammadjon Musayev**

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

Tuymurod Khujayev

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

Fatima Muminova

*student of Almalyk branch Tashkent state technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Almalyk*

АННОТАЦИЯ

При создании управляющих вычислительных систем представляется большой практический интерес решить задачу: -при известной скорости генерации определить загрузку центрального процессора внешним потоком, при которой не наступает снижение производительности средней скорости выполнения вычислительных операций.

ABSTRACT

When creating control computing systems, it is of great practical interest to solve the problem: -at a known rate of generation to determine the load of the CPU by an external thread, at which there is no decrease in the performance of the average speed of computing operations.

Ключевые слова: скорость генерации, внешний поток, вычислительные операции, обмен информацией, системы обмена информацией.

Keywords: generation speed, external flow, computing operations, information exchange, information exchange systems.

Введение. Проблема выбора средств организации обмена информацией возникла вследствие различия технических параметров, форм представления информации и способов работы вычислительной машины и абонентов. Потоки требований, поступающие от абонентов, могут носить как детерминированный, так и стохастический характер, а потому часто не удастся достичь жесткого разделения во времени этого обмена и вычислений, так же как не может быть задана строгая последовательность решения задачи в целом.

Вместе с тем целесообразно организовать работу вычислительных систем (ВС) таким образом, чтобы она не простаивала в ожидании получения данных от абонентов и не теряла при этом время, в течении которого мог быть выполнен ряд вычислительных операций. В противном случае, несмотря на высокие потенциальные скорости вычислений, производительность ВС падает, снижается эффективность при выполнении ряда работ либо увеличиваются затраты на ее создание при достижении заданной производительности.

Постановка задачи. Описанные ситуации, встречающиеся на практике применения систем обмена информацией (СОИ) в управляющих ВС, создают ряд проблем организации обмена информацией. Это, **во-первых**, задача равномерности загрузки и одновременности работы основных функ-

циональных узлов ВС: процессоров и модулей памяти с внешними абонентами. **Во-вторых**, задача обеспечения требуемой готовности к обслуживанию внешних абонентов, которая решается созданием гибких структурных связей. **В-третьих**, задача повышения уровня содержательной обработки информации, состоящей, в основном, в уменьшении объема внутренних вспомогательных операций и функций управления по сравнению с общей вычислительной мощностью машины. Для заданного внешнего потока нужно определить параметры узлов Π и A_2 , обеспечивающие максимальную скорость генерации внутреннего потока или заданную производительность комплекса, при которой ВС успевает управлять технологическим оборудованием или обслужить «нетерпеливых» абонентов. Эти задачи могут быть решены с помощью рациональной организации обмена информацией, которые отнесены к комплексной проблеме построения ВС.

Решение задачи. Эту задачу будем решать при исследовании двухфазной системы массового обслуживания (СМО) с двумя потоками (рис. 1), которая является не только обобщенной моделью двухконтурной ВС, но может служить и частной моделью для двухконтурной ВС в режиме накопления информации, или трехконтурной в режиме выдачи. Исследование двухфазной СМО проведем для пуассоновского внешнего потока и экспоненциального обслуживания обоих потоков.

Рисунок 1. Схема двухфазной модели СМО

Если заявки внешнего потока проступает в буферный накопитель (БН) такой емкости, что вероятностью его переполнения между циклами переписи информации в основную память можно пренебречь, то будем считать, что емкость его бесконечна ($r = \infty$). Далее полагаем, что между первой и второй фазами обслуживания внутреннего потока не может находиться ни одной заявки, ожидающей обслуживания. Тогда по окончании обслуживания $(\xi + 1)$ -й заявки первой фазы узел С прекращает работу (блокируется), если ξ —я заявка еще не обслужена на второй фазе.

При принятых допущениях об очередях и потоках обслуженное A_1 процессором требование может застать в очереди к процессору A_2 лишь заявки внеш-

него потока, потому что время ожидания начала обслуживания $\bar{w}_2$ будет состоять из времени дообслуживания внешней заявки ρ / μ_1 суммарного времени $\bar{t}_0 \rho / (1 - \rho)$ обслуживания заявок внешнего потока, стоящих в очереди в момент поступления заявки от A_1 , и суммарного времени $\bar{w}_2 \rho$, обслуживания внешних заявок, пришедших во время ожидания в очереди заявки от процессора A_1 . Следуя [1], после упрощений получим

$$\bar{w}_2 = [\rho / \mu(1 - \rho)] + [\bar{t}_0 \rho / (1 - \rho)^2] \quad (1)$$

В момент поступления требования от суммарного потока на обслуживании может находиться требование как от A_2 , так и от источника или приемника,

а потому $\bar{t}_0 = \rho / \mu + P(A) \bar{t}_2$, где $P(A)$ – вероятность обслуживания требования от ВС в момент поступления требования, равный $P(A) = (\mu_1 / \mu_2) \cdot [1 / (1 + \mu_1 \bar{t}_q)]$, $\bar{t}_2$ – среднее время до обслуживания требования от ВС, равное $1 / \mu_2$. Отсюда, среднее время дообслуживания произвольного требования равно

$$\bar{t}_0 = [\rho / \mu] + [\rho_1 / (1 + \mu_1 \bar{t}_q)] \quad , \quad (2)$$

где $\rho = \mu_1 / \mu_2$

При совмещении процесса генерации и обслуживания не всякое ожидание приводит к задержке начала обслуживания и простоя узла, генерирующего заявки внутреннего потока и обслуживающего его на первой фазе. Так, при выполнении ξ -й заявки внутреннего потока v – типа, задержка в обслуживании $(\xi + 1)$ -й заявки типа q ($v, q = 1, 2, \dots, a$) не наступит, если

$$t_{v, \xi+1}^r \geq t_{q, \xi} + w_{q, \xi} \text{ т.е. } \bar{t}_{3, v, \xi+1} = 0$$

где $t_{v, \xi+1}^r$ – длина интервала времени между последовательными моментами ξ и $\xi + 1$ поступления заявок внутреннего потока типа v , а $t_{v, \xi}^r$ – время обслуживания ξ -й заявки.

Если же $t_{v, \xi+1}^r < t_{q, \xi} + w_{q, \xi}$, то задержка начала обслуживания равна

$$\bar{t}_{3, v, \xi+1} = t_{q, \xi} + w_{q, \xi} - t_{v, \xi+1}^r, \quad (w_{q, \xi} > 0).$$

При $t_{v, \xi+1}^r \leq t_{q, \xi}$ всякое ожидание в очереди ведет к задержке начала обслуживания $(\xi + 1)$ -й заявки, равной $w_{q, \xi}$.

Среднее время задержки обслуживания $\bar{t}_3$ заявок внутреннего потока узлом A_2 при статистический независимости величины задержки и события, заключающегося в задержке этой заявки, может быть вычислено следующим образом

$$\bar{t}_3 = \begin{cases} 0 & \text{при } \bar{t}^r \geq \bar{\omega}_2 + \bar{t} \\ \bar{\omega}_2 + \sum_{v=1}^a \alpha_v (t_v - t_v^r) & \text{при } \bar{t} < \bar{t}^r < \bar{\omega}_2 + \bar{t} \\ \bar{\omega}_2 & \text{при } \bar{t}^r \leq \bar{t} \end{cases} \quad (3)$$

Отсюда определяется средняя скорость выполнения заявок внутреннего потока (генерации)

$$\mu_0^r = \left\{ \sum_{v=1}^a \alpha_v \mu_v^r \right\} / \left\{ 1 + \bar{t}_3 \sum_{v=1}^a \alpha_v \mu_v^r \right\},$$

относительное снижение производительности

$$\eta = 1 - [1 - \bar{t}_3 \sum_{v=1}^a \alpha_v \mu_v^r]^{-1},$$

Следовательно, скорость генерации зависит от времени пребывания заявок на последующих фазах обработки, которые могут обслуживать несколько потоков.

Наиболее интересным и важным является случай, когда $\bar{t} < \bar{t}^r < \bar{\omega}_2 + \bar{t}$. Подставив в (1) значения $\bar{t}_3$ (3) и $\bar{t}_0$ (2), после упрощений получим

$$\bar{\omega}_2 = [\rho(\sqrt{F_c} + 1) / 2\mu(1 - \rho)^2] / [(\sqrt{F_c} - 1) / 2\mu_2] \quad (4)$$

где $F_c = 1 + 4 A_\rho / [A_\rho + (\mu_2 / \mu)]^2$, $A_\rho = (1 - \rho)^2 / \rho$.

Можно легко убедиться, что при $A_\rho = 0$, $F_c = 1$, а при $A_\rho \rightarrow \infty$, $\lim_{A_\rho \rightarrow \infty} F_c = (A_\rho)$. Максимальное же значение функции F_c принимает при $A_\rho = \mu_2 / \mu$ и равна $F_{\max} = 1 + \mu / \mu_2$. Отсюда находим

$$\bar{\omega}_{2 \max} = \frac{\rho}{2\mu(1 - \rho)} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{\mu}{\mu_2}} \right) + \frac{1}{2\mu_2} \left(\sqrt{1 + \frac{\mu}{\mu_2}} - 1 \right) \quad (5)$$

Пользуясь формулой (5), получим некоторый инженерный запас при определении среднего значения времени ожидания начала обслуживания, требования внутреннего потока процессором A_2 .

Наконец, можно найти то предельное значение степени занятости системы обслуживания требований от абонентов (источников и приемников информации), при котором не наступает снижение производительности процессора ρ_0 (имеется в виду среднее значение). Это возможно при $\bar{t}_3 = 0$ т.е.

$$\bar{\omega}_2 + \sum_{v=1}^a \alpha_v (t_v - t_v^r) = 0 \quad (6)$$

Подставив в последнее уравнение значение $\bar{\omega}_2$, и решив его относительно ρ_1 , найдём максимальную загрузку систем ρ_0 .

При $F_c = 1$ $\bar{\omega}_2 = \rho / \mu(1 - \rho)^2$ и подставив его в (6), найдём минимальную задержку и максимальное ρ_0 .

$$\rho_0 = 1 - \frac{\mu_1}{2\mu(1 - \rho_1)} \cdot \left(1 - \sqrt{1 + \frac{1 - \rho_1}{\mu_1} \cdot 4\mu} \right) \quad (7)$$

Если $\rho_1 > 1$, т.е. $\mu_2 < \mu_1$ то всякое ожидание ведет к задержке, потому рассмотрим два крайних случая.

1. При $\rho_1 = 1$,

$$\lim_{\rho_1 \rightarrow 1} \rho_0 = 1 + \lim_{\rho_1 \rightarrow 1} \frac{\mu_1}{2\mu(1 - \rho_1)} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{1 - \rho_1}{\mu_1} \cdot 4\mu} \right) = 0$$

2. Если $\mu_2 \gg \mu_1$ ($\rho_1 \rightarrow 0$), то получим максимально возможную загрузку системы внешним потоком, равную $\rho_0 = 1 - 2 [1 + \sqrt{1 + 4\mu / \mu_1}]^{-1}$

Максимально значение ρ_0 достигается при скорости обслуживания на 2-ой фазе, значительно превосходящей скорость генерации ($\mu_2 \gg \mu_1$) и ($\mu \gg \mu_1$). Однако эффективность обслуживания от увеличения быстродействия памяти, превосходящей скорость генерации обслуживания, чем в 2 раза, быстро уменьшается, особенно при $\mu \gg \mu_1$, что хорошо видно из графика $\rho_0 = \rho_0(\mu, \mu_1, \mu_2)$ (рис. 2).

При заданной скорости генерации (быстродействии, скорости решения задачи) и быстродействии памяти можем определить максимальный поток $\lambda_{\max}$, при котором не снижается производительность ВС или обеспечивается заданная производительность.

Для этого нужно построить графики $\eta_\mu = \eta_\mu(\lambda, \mu; \mu_1; \mu_2)$ (рис. 3), воспользовавшись полученным выражением для относительного снижения скорости генерации

$$\eta_\mu: \eta_\mu = 1 - [\rho_1 + \mu_1 \overline{w_2}]^{-1} \quad (8)$$

и графиками ρ_0 , (рис 2) после чего, задавшись одними параметрами, определить, требуемые. Найденные таким образом параметры обеспечивают инженерный запас по быстродействию на (10-15%). Эти выводы подтверждаются результатами моделирования на ВС.

Рисунок 2. Максимальная загрузка СМО внешним потоком

Рисунок 3. График $\eta_\mu = \eta_\mu(\lambda, \mu; \mu_1; \mu_2)$ при $\rho_1 = 0,5$

Заключение. Полученные аналитические выражения позволяют определить производительность и максимальную загрузку ВС внешним потоком, при которых обеспечивается эффективное управление объектами.

Список литературы:

1. Бекмуратов Т.Ф., Мусаев М.У. Моделирование и исследование блокирующих состояний. Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетики. №3-4 2015 г с.3-8.
2. Мусаев М.У. Организация обмена в двухконтурных вычислительных системах с «трехкольцевой» организацией информации. Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетики №4 стр 43-45 с 1999 г
3. Кофман А., Крюн Р. Массовое обслуживание теория и практика. /Перевод с англ.-М: Мир. 1965 г.-302с

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

ВЛИЯНИЕ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ШЛАКОВ НА СВОЙСТВА СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДОЛОМИТОВОЙ ИЗВЕСТИ

Джандуллаева Мунавара Сапарбаевна

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

Атакузиев Темир Азимович

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

Эшметова Дилафруз Зухриддиновна

научный сотрудник Ташкентского химико-технологического института,
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: kafedranmkt@mail.ru

Бобокулов Акбар Носирович

ст. преподаватель Ташкентского химико-технологического института
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: kafedranmkt@mail.ru

INFLUENCE OF IRON-CONTAINING SLAGS ON THE PROPERTIES OF SILICATE MATERIALS FROM DOLOMITE LIME

Munavara Djandullaeva

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

Temir Atakiyev

professor of Tashkent Institute Chemical Technology
Uzbekistan, Tashkent

Dilafruz Eshmetova

Tashkent Chemical Technology Institute
Uzbekistan, Tashkent

Akbar Bobokulov

lecturer of Tashkent Chemical Technology Institute
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В работе представлены результаты исследования влияния железосодержащих шлаков и давления пара в автоклаве при гидротермальной обработке на прочностные показатели силикатных композиций на основе доломитовой извести. Методом дифференциально-термического анализа исследован фазовый состав полученных композиций. Установлено, что в результате взаимодействия доломитовой извести и железосодержащих шлаков в условиях гидротермальной обработки образуются низкоосновные гидросиликаты кальция CSH(B), гидросиликаты магния типа серпентина.

ABSTRACT

In work results of research of influence ferriferous slags and steam pressure in autoclave by hydrothermal treatment on strength properties of silicate compositions on basis dolomitic lime. The phase constitution of the obtained compositions is examined with the help of differential thermal analysis. It is stated that result interaction of dolomitic lime and ferriferous slags in condition hydrothermal treatment, low basic calcium hydrosilicate type as CSH(B) and magnesium hydrosilicate type as serpentine have been generation.

Ключевые слова: доломитовая известь, сталеплавильный и литейный шлак, автоклавная обработка, прочность, давления пара, дифференциально-термический анализ, силикатный материал.

Keywords: dolomite lime, steelmaking and foundry slag, autoclaving, resistance, vapor pressure, differential-thermal analysis, silicate material.

Производство вяжущих в большинстве случаев основано на кальциевых соединениях, способных энергично взаимодействовать с водой и давать прочные продукты твердения. Расширение же ассортимента вяжущих с новыми свойствами, особенно базирующих на местном сырье, имеет большое практическое значение. Поэтому представляет интерес разработка вяжущего на основе доломитового сырья, месторождения которого широко распространены.

Крупным резервом получения сырья, используемого для производства строительных материалов, является сталеплавильные шлаки Бекабадского металлургического комбината и литейные шлаки Ташкентского тракторного завода. При отсутствии доменных шлаков в Узбекистане вопрос утилизации сталеплавильных и литейных шлаков приобретает важное значение. Кроме того, широкое вовлечение этих шлаков в сферу производства сократит площади шлакоотвалов и будут способствовать сохранению окружающей среды.

Целью настоящей работы явилось исследование оптимального состава, условий автоклавной обработки и изучение фазового состава гидратных новообразований, образующегося при автоклавной обработке известково-песчаных смесей на основе доломитовой извести с добавкой сталеплавильного и литейного шлака.

Для приготовления известково-песчаных смесей использовались маломagneзиальная известь Джумуртауского месторождения с содержанием 60-70% $\text{CaO}_{\text{своб}}$, доломитовая известь из доломитов Карахтайского месторождения, с содержанием 50-60% $(\text{CaO}+\text{MgO})_{\text{своб}}$, кварцевые пески из кварцитов Джамансайского месторождения. В качестве активной минеральной добавки использовали сталеплавильные шлаки Бекабадского металлургического комбината с содержанием 15,44 % оксида железа, магнезия и литейные шлаки Ташкентского тракторного завода с содержанием 17,18 % оксида железа в виде рудных минералов. Химический состав исходных материалов приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Химический состав (%) исходных материалов

Наименование материалов	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	MnO	SO ₃	Na ₂ O+K ₂ O	ппп
Кварцевый песок Джамансайского месторождения	96,36	0,21	0,62	-	0,01	1,26	0,40	0,01	0,10	0,08	0,44
Литейный шлак Ташкентского тракторного завода	61,0	1,80	0,62	16,56	1,2	9,48	3,12	4,21	0,20	0,92	1,20
Сталеплавильный шлак Бекабадского металлургического комбината	28,16	7,64	8,12	7,32	0,40	28,46	8,72	3,45	0,33	3,33	0,33
Доломит Карахтайского месторождения	3,80	0,47	1,13	-	-	30,10	19,81	-	-	-	45,02
Известняк Джумуртауского месторождения	0,26	1,61	0,15	-	-	52,73	0,19	-	-	-	44,64

В наших исследованиях доломитовая известь применялась в виде доломитового вяжущего, представляющего собой доломитовую известь, совместно молотую с необожженным доломитом в соотношении 2:1 и 1:1 до удельной поверхности около 5000 см²/г, а маломagneзиальная известь использовалась в виде известково-песчаного вяжущего, полученного путем совместного помола извести и кварцевых песков в соотношении 2:1 до удельной поверхности 4000 см²/г. Исследования проводились на образцах – цилиндрах диаметром и высотой 42 мм, прессованных

под давлением 20 МПа и запаренных по режиму 2+8+2 часа при 0,8 и 1,2 МПа.

Для определения влияния вида извести (маломagneзиальной или доломитовой) на прочность силикатных образцов были составлены известково-песчаные смеси одинаковой активности на основе кварцевых песков и двух видов вяжущего, представляющих собой доломитовую или маломagneзиальную известь, молотую совместно с кварцевым песком в соотношении 2:1 и с добавкой 5% и 10% смеси шлака до удельной поверхности 4500 см²/г (табл. 2).

Таблица 2.

Зависимость средней плотности и прочности при сжатии автоклавных силикатных образцов от вида извести

Добавка	Маломagneзиальная известь			Доломитовая известь		
	Средняя плотность, г/см ³	Прочность при сжатии		Средняя плотность, г/см ³	Прочность при сжатии	
		МПа	%		МПа	%
без добавки	2,01	18	100	2,06	25	114
смесь шлака 5%	2,04	17	100	2,08	28	165
смесь шлака 10%	2,05	22	100	2,10	35	159

Примечание. Содержание (CaO+MgO)_{своб} в сырьевых смесях 9%.

Из данных таблицы 2 видно, что прочность у образцов из смесей на доломитовой извести без добавки смеси сталеплавильного и литейного шлака на 40,4% выше, чем у аналогичных образцов из смесей на маломagneзиальной извести. При добавке 5% шлаковой смеси эта разница составляет 65,4%.

Из сказанного выше следует отметить, что использование доломитовой извести вместо маломagneзиальной извести в составе известково-песчаного

вяжущего позволяет значительно увеличить механическую прочность изделий.

Для исследования влияния железосодержащих шлаков на прочность силикатных образцов из смесей на доломитовом вяжущем были изготовлены силикатные смеси с различным содержанием активных CaO+MgO (табл. 3).

Таблица 3.

Зависимость прочности известково-песчаных образцов на основе доломитовой извести от содержания сталеплавильного и литейного шлака

Содержание CaO+MgO _{акт} в смеси	Предел прочности при сжатии, МПа		
	Без добавки	С добавкой 5% смеси шлака	С добавкой 10% смеси шлака
5	12,5	12,0	14,0
7	16,0	19,3	21,0
9	17,5	18,6	23,2
10	17,0	18,0	21,0
12	14,0	12,0	16,0

Результаты испытания запаренных образцов, полученных из смесей на доломитовой извести, показали, что добавка в исходные известково-песчаные смеси 10% железосодержащего шлака вызывает повышение прочности до 23,2 МПа при активности исходной смеси CaO+MgO_{акт} 9% и становится выше контрольной (табл.2). Это свидетельствует о том, что смесь шлаков в данных условиях являются активными компонентами, участвующим в образовании прочного силикатного камня [1-3].

Одним из важных технологических факторов, оказывающий влияние на прочность силикатных материалов, является давление пара при гидротермальной обработке известково-песчаных смесей.

Влияние давления пара при гидротермальной обработке на прочность изделий изучались на образцах из смесей, приготовленных на кварцевом песке и трех видов вяжущего на доломитовой извести и доломите составов 2:1 и 1:1, и для сравнения был использован известково-песчаное вяжущее на кальциевой извести состава 2:1 (табл.4).

Результаты испытания на прочность при сжатии образцов показали, что повышение давления пара

при гидротермальной обработке от 0,8 до 1,2 МПа наиболее эффективно для смесей на основе известково-песчаного вяжущего из кальциевой извести с добавкой 8-10 % смеси шлака (28,3 и 28,0 МПа).

Гидротермальную обработку образцов из смесей на доломитовом вяжущем составов 1:1 и 2:1, как показали результаты исследования, целесообразно проводить в автоклаве при давлении пара 0,8 МПа. При повышении давления пара в автоклаве до 1,2 МПа прочность увеличилась с 32,0 до 33,0 МПа, только у образцов на доломитовом вяжущем состава 1:1 с добавкой 3-8 % смеси шлака. Для остальных исследованных составов известково-песчаных смесей на доломитовой извести увеличение давления пара нежелательно.

Представляло интерес изучить фазовый состав известково-песчаного материала, изготовленного на доломитовой извести, так как по своим физико-механическим свойствам такой материал значительно превосходит аналогичный, изготовленный на кальциевой извести.

Таблица 4.

Влияние давления пара при гидротермальной обработке на прочность силикатного образца при различных составах вяжущего и добавках смеси шлака

Вид вяжущего	Давление пара при автоклави-ровании	Содержание смеси шлаков в смеси, %					
		0	3	6	8	10	16
		Предел прочности при сжатии, МПа					
Доломитовое вяжущие 1:1	0,8 МПа	28,3	30,0	32,1	32,3	34	35,3
	1,2 МПа	25,2	32,0	33,0	33,0	21,0	32,0
Доломитовое вяжущие 2:1	0,8 МПа	20,3	28,0	28,0	28,4	31,0	34,3
	1,2 МПа	24,0	26,0	26,2	28,0	29,0	31,0
Известково-песчаное вяжущие 2:1	0,8 МПа	17,0	28,0	22,3	20,3	23,2	24,0
	1,2 МПа	24,0	20,0	20,2	28,3	28,0	21,0

Для исследования фазового состава продуктов гидротермальной обработки был использован дифференциально - термический метод анализа.

Термограммы запаренных образцов на доломитовой вяжущей, молотой совместно с частью кварцевых песков в соотношении 2:1, с содержанием в сырьевых смесях 9% (CaO+MgO)_{своб} и с добавкой смеси шлаков в количестве 10% приведены на рисунке 1.

Характерной особенностью цементирующего вещества силикатного материала на доломитовой извести, являются присутствия в его составе наряду с гидросиликатами кальция, и гидросиликата магния типа серпентина, на что указывают эндотермические эффекты при 700-705⁰С, экзотермические эффекты при 845⁰С.

Рисунок 1. Термограммы запаренных силикатных образцов на вяжущем составе доломитовая известь+ кварцевый песок (2:1). 1 – без добавок; 2 – с добавкой 10% смеси шлака

Образование гидросиликата магния типа серпентина в этих условиях, по-видимому, обусловлено присутствием тонкомолотого кварца в составе известково-песчаного вяжущего на основе доломитовой извести и магниевых составляющих шлака [4-6]. О степени влияния железосодержащих компонентов на фазовый состав новообразований можно судить по изменению кривой нагревания запаренного образца с добавкой смеси шлака в температуре 810⁰С.

При запаривании образцов на доломитовом вяжущем состава 2:1 с добавкой смеси шлаков, повышение давления с 0,8 до 1,2 МПа ведет к заметному изменению фазового состава цементирующего вещества. На кривых нагревания образцов запаренных при 1,2 МПа, заметно уменьшается эндотермический пик при 460⁰С, что дает основание предполагать, что с повышением давления пара в автоклаве в составе цементирующего вещества, вероятно, снижается количество C₂SH(A), а также вступает в реакцию часть гидроксида магния из состава смеси шлаков (рис. 2).

Рисунок 2. Термограммы запаренных силикатных образцов на доломитовом вяжущем составе 2:1 при различных давлениях пара. 1 - без добавки, запаренной при 0,8 МПа; 2 – то же, 1,2 МПа; 3 – с добавкой 10% смеси шлака запаренной при 0,8 МПа; 4 – то же, 1,2 МПа

Вместе с тем наблюдается заметное увеличение экзотермического пика с максимумом при 835⁰С,

свидетельствующего об образовании большого количества низкоосновного гидросиликата кальция типа CSH(B) за счет кальция содержащихся в сталеплавильном шлаке.

Наличие в составе силикатной сырьевой смеси железосодержащих и магнийсодержащих компонентов в процессе автоклавирования происходит образования гидросиликатов кальция CSH(B), гидросиликатов магния типа серпентина и возможно образовании алюмоферритных и ферритных гидрогранатов. Как известно вяжущие силикатно-гидрогранатного и серпентинитного типа отличаются высокими показателями прочности, особенно при изгибе и разрыве.

Выводы:

1. Применение доломитовой извести и молодого доломита дает возможность значительно повысить качество кирпича и получить силикатные кирпичи с прочностью при сжатии 35 МПа при сравнительно невысоком давлении пара в автоклаве – 0,8 МПа. Особенно эффективно с этой точки зрения доломитовое вяжущее состава 1:1.

2. Состав цементирующего вещества силикатного материала автоклавного твердения, полученного за счет железистых соединений сталеплавильного и литейного шлака содержащего до 12% MgO и CaO, доломитовой извести имеет существенное различия и зависит от вида применяемой извести, а также от условий гидротермальной обработки.

Список литературы:

1. Джандуллаева М.С., Атакузиев Т.А. Изучение продуктов взаимодействия твердых отходов содового производства с известково-кремнеземистой смесью при автоклавной обработке // Химическая технология. Контроль и управление. - Ташкент, 2016. - №6. - С.8-13.
2. Джандуллаева М.С., Атакузиев Т.А. Способы интенсификации процесса твердения и повышение качества силикатного кирпича на барханном песке // Химия и химическая технология. – Ташкент, 2016. - №2. – С.10-156.
3. Джандуллаева М.С., Бекмуратова М.Г., Атакузиев Т.А. Улучшение свойства силикатного кирпича на основе техногенных отходов и местных сырьевых материалов // Композиционные материалы. – Ташкент, 2016. - №1. - С.59-61.
4. Djandullaeva M.S., Atakuziev T.A., Kabulova L.B. Silicate brick on resource - saving technologies // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, 2015. - № 9-10. - P.107-111.
5. Вайвад А.Я. Магнезиальные вяжущие вещества // Рига, «Знание», 1972. - 331 с.
6. Джандуллаева М.С., Атакузиев Т.А. Отходы литейного производства для изготовления силикатных кирпичей с повышенной сцепляемостью с кладочным раствором // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, 2015, -№ 6. - С. 6-12.

СИНТЕЗ СУПЕРАБСОРБЕНТНОГО ГИДРОГЕЛЯ НА ОСНОВЕ КРАХМАЛА, АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И МОНТМОРИЛЛОНИТА

Холназаров Баходир Азамович

*старший научный сотрудник-исследователь, Термезский государственный университет,
Узбекистан, г. Термез*

E-mail: Baxodir.Xolnazarov@rambler.ru

Тураев Хайит Худайназарович

*д-р хим. наук, профессор, Термезский государственный университет,
Узбекистан, г. Термез*

Ширинов Шавкат Давлатович

*доктор философии (PhD), старший научный сотрудник
Ташкентского научно-исследовательского института химической технологии,
Узбекистан, Ташкентская обл., Зангиотинский р-н, п/о Ибрат*

Джалилов Абдулахат Турапович

*академик АН РУз, профессор, д-р хим. наук, директор
Ташкентского научно-исследовательского института химической технологии,
Узбекистан, Ташкентская обл., Зангиотинский р-н, п/о Ибрат*

SYNTHESIS OF SUPERABSORBENT HYDROGEL BASED ON STARCH, ACRYLIC ACID AND MONTMORILLONITE

Bakhodir Kholnazarov

*Senior researcher, Termez State University,
Uzbekistan, Termez*

Hayit Turaev

*Doctor of Chemical Sciences, Professor, Termez State University,
Uzbekistan, Termez*

Shavkat Shirinov

*Doctor of Philosophy (PhD),
Senior Researcher at the Tashkent Scientific and Research Institute of Chemical Technology,
Uzbekistan, Tashkent Region, Zangiota district, Ibrat*

Abdulakhat Djalilov

*Doctor of chemical sciences, Professor, academician,
Director of the State Unitary Enterprise of the Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology,
Uzbekistan, Tashkent Region, Zangiota district, Ibrat*

АННОТАЦИЯ

В этой статье исследуется синтез высоконабухающего суперабсорбентного гидрогеля на основе крахмала, акриловой кислоты и монтмориллонита. Исследовано влияние исходных реагентов на условия синтеза гидрогеля. Продукт реакции сополимеризации охарактеризован методом ИК-спектроскопии.

ABSTRACT

This article explores the highly efficient synthesis of starch, acrylic acid and montmorillonite based hydrogel. The influence of the optimal conditions for the synthesis of hydrogel. The product of the copolymerization reaction was characterized by IR spectroscopy.

Ключевые слова: крахмал, акриловая кислота, монтмориллонит, бензоилпероксид, гидрогель, радикальная полимеризация, кинетическое набухание.

Keywords; starch, acrylic acid, montmorillonite, benzoyl peroxide, hydrogel, radical polymerization, kinetic swelling.

ВВЕДЕНИЕ

Сшитый гидрофильный полимер, способный поглощать и удерживать большой объем воды, известен как сверхабсорбирующий полимер или гидрогель. Гидрогели могут набухать и удерживать значительную долю воды в своей трехмерной структуре, не растворяясь в ней [1]. Продукты на основе крахмала имеют ряд недостатков, таких как чувствительность к воде, высокую проницаемость для пара и низкие механические свойства. Кроме того, стабильность самого крахмала в условиях эксплуатации невысока. Чтобы минимизировать или даже преодолеть эти недостатки, возможны многие подходы, включая химическую модификацию. Одним из путей химической модификации является привитая сополимеризация [2]. Значительное количество исследований было опубликовано по инициированной ионной прививке сополимеризации акриловых мономеров на крахмал [3]. В результате модификации крахмал, который является недорогим, широко доступным возобновляемым биополимером, может дать свойства, сравнимые с синтетическими полимерами на основе нефти [4]. Прививка акриловой кислоты (АК) на крахмал дает возможность проводить многочисленные дополнительные химические реакции и синтезировать новые материалы с низкой стоимостью и для различных применений, таких как: кондиционеры почвы, добавки для бумаги и текстиля, клеи, повышенная нефтеотдача, санитарные товары, системы доставки лекарств [5,6]. Гидрогели поли(акриловой кислоты) широко используются из-за их высокого водопоглощения и низкой стоимости. Однако этот вид суперабсорбента обычно имеет низкую солеустойчивость и медленную скорость поглощения воды. Кроме того, после поглощения воды он проявляет плохую прочность, диспергирующие и эластичные свойства геля. Эти недостатки сильно ограничивают качество продукта и области применения этого вида. Чтобы улучшить свойства таких материалов, исследователи использовали такие методы, как образование взаимопроникающих сетей и смешивание с неорганическими глинами [7]. Такие методы помогают улучшить механические свойства гидрогелей. Добавление неорганической глины является относительно эффективным методом для улучшения свойств этого типа гидрогеля [8]. Поэтому в настоящем исследовании использовали монтмориллонит (ММТ) в качестве неорганических наполнителей, N,N метиленисакриламид (МБА) в качестве сшивающего агента и бензоилпероксид в качестве инициатора для получения композитного гидрогеля крахмал/монтмориллонит/акриловая кислота. Изучено влияние концентраций инициатора, сшивающего агента,

монтмориллонита на водопоглощающую способность гидрогеля. Кроме того, также изучалось влияние степени нейтрализации акриловой кислоты и температуры реакции на способность гидрогеля поглощать воду. Исследования показали, что по сравнению с гелем без монтмориллонита, и добавление 2% монтмориллонита в композитный гидрогель, увеличивает его водопоглощающую способность на 20% и способность сохранять воду на 25%.

Объекты и методы исследования

В эксперименте использован кукурузный крахмал (Кр), акриловая кислота (АК), сшивающий агент (СА)—N,N'-метиленисакриламид, бензоилпероксид (инициатор) и использовали монтмориллонит (ММТ) Навбахор (Узбекистан).

Высушенного 10 г крахмала в известном объеме дистиллированной воды желатинизировали путем нагревания при температуре 85°C в течение 30 минут в азотной атмосфере для удаления растворенного кислорода из раствора. Затем полученный желатинизированный крахмал охлаждали до 25°C и добавляли акриловую кислоту и монтмориллонит, а также раствор сшивающего агента, далее, при сильном перемешивании, наливали туда измеренное количество раствора бензоилпероксида. Температуру реакции постепенно повышали до 60°C. Реакцию проводили при 60°C в течение 4 часов для обеспечения завершения привитой сополимеризации. Атмосферу азота поддерживали в течение всего периода реакции. Привитой сополимер переносили в раствор гидроксида натрия (1 моль/л) и оставляли реагировать при температуре 95°C в течение 120 минут. Гидролизированный продукт отфильтровали и промыли дистиллированной водой до pH=7.4 для удаления любых привитых молекул, мономера и основания. Обезвоженный образец сушили в сушильном шкафу при 60°C в течение 24 часов.

Результаты и их обсуждение

Массовое соотношение между акриловой кислотой и крахмалом, а также массой монтмориллонита, бензоилпероксида, МБА, которые участвуют в реакции оказывают заметное влияние на набухаемость гидрогелей. Реакцию акриловой кислоты и крахмала проводили в следующих соотношениях: 0.5:1, 1:1, 2:1 и 3:1. Были использованы монтмориллонит от 1 до 3%, бензоилпероксид от 0,25 до 1,25%, МБА от 0,25 до 1% от общей массы мономера. Результаты исследования показывают, что набухаемость гидрогеля очень высока, когда соотношение акриловой кислоты и крахмала в растворе составляет 3:1.

Реакция привитой сополимеризации крахмала, АК и монтмориллонита была охарактеризована с помощью ИК-спектроскопии на рис 1.

Рисунок 1. ИК – (а) крахмала, (б) акриловой кислоты, (с) монтмориллонита и (д) композитных гелей Кр-ПАК/ММТ

ИК-спектр крахмала (рис.1 а) показывает поглощение при растяжении О-Н в области $3600-3200\text{ см}^{-1}$ и растяжение С-Н при 2924 см^{-1} . ИК-спектр ММТ (рис. 1с) показывает острый и средний пик при 3624 см^{-1} , который соответствует гидроксильным группам ММТ. Кроме того, пик при $1080-1022\text{ см}^{-1}$ был приписан связи Si-O ММТ. Растягивающая полоса C=O

для АК появляется при 1723 см^{-1} , ИК-спектр крахмала-АК/ММТ показывает поглощение при растяжении (рис.1д), а симметричное и асимметричное COO^- растяжение АК появляется в области при 1402 и 1549 см^{-1} соответственно.

Рисунок 2. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) (а) крахмал, (б) ПАК, (с) ПАК-со-крахмал, (д) ПАК-со-крахмал/ММТ

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) используется для исследования морфологических

особенностей всего состава синтезированного ПАК/крахмал/ММТ. СЭМ-изображения крахмала

(Кр), полиакриловая кислота (ПАК), ПАК/Кр и ПАК/Кр/ММТ показаны на рис. 2 (а–д). Замечено, что крахмал имеет зернистую морфологию, а зернистая морфология крахмала искажалась и становилась фибриллярной структурой (рис. 2с) после того, как

привили ПАК (рис. 2с). Кроме того, наблюдение морфологии поверхности ПАК/Кр и ПАК/Кр/ММТ (рис. 5, с,д) показывает, что после включения в ММТ фибриллярная структура ПАК/Кр была преобразована в когерентную и почти совместную морфологию ПАК/Кр/ММТ.

Рисунок 3. Влияние объема акриловой кислоты на степень набухания гидрогелей.
Масс крахмал 16.2 г.

Влияние содержания количества акриловой кислоты и монтмориллонита на водопоглощение суперabsorbентных композитов показано на рисунках 3 и 4. Водопоглощение гидрогеля составляет 750 г/г при содержании 21,6 мл акриловой кислоты. Можно предположить, что водопоглощение увеличивается в наибольшей степени при использовании акриловой кислоты в пределах 21,6 мл. Как показано на рис. 4, водопоглощение увеличивается с увеличением содержания монтмориллонита от 0,5 до 2 масс.% и составляет 750 г/г при 2 масс.% монтмориллонита.

Рисунок 4. Влияние концентрации монтмориллонита на степень набухания гидрогелей

Закключение: Таким образом, включение гидрофильных веществ, содержащих гидрофильные группы, такие как акриловая кислота и полимеры, как крахмал и глина, как монтмориллонит, в гидрогели АК могут быть последовательно получены способом полимеризации в растворе со свободными радикалами. Многофункциональные сшиватели, такие как МБА, были использованы в процессе полимеризации. Гидрогелиевые системы на основе крахмала/АК/ММТ показали высокую водопоглощающую способность.

Список литературы:

1. Fatemeh Soleimani & Mohammad Sadeghi, Synthesis of pH-Sensitive Hydrogel Based on Starch-Polyacrylate Superabsorbent, Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology, 3, 2012, 310-314.
2. Hussam-Aldeen K, Mohammad T, Yomen A. Preparation of a clay based superabsorbent polymer composite of copolymer poly(acrylate-co-acrylamide) with bentonite via microwave radiation. ACS Appl Mater Inter. 2013;4(4):145–50.
3. M.R. Lutfor, M.Z.A. Rahman, S. Sidik, A. Mansor, J. Haron, W.M.Z.W. Yunus, Desig. Monom. Polym. 4, 253 (2001).
4. V.D. Athawale, V. Lele, Starch-Stärke 50, 426 (1998). A. Pourjavadi, M.J. Zouhuriaan-Mehr, Starch- Stärke 54, 140 (2002).
5. Kholnazarov B., Turaev Kh., Dzhililov A. "Synthesis of starch, acrylamide, acrylic acid and montmorillonite-based superabsorbent polymer composite"
6. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences 5-6 2019., С. 69-73
7. Холназаров Б.А., Тураев Х.Х., Ширинов Ш.Д., Джалилов А.Т. Синтез гидрогеля на основе крахмала и акриловой кислоты. Композиционные материалы научно-технический и производственный журнал. № 1/ 2019., С. 50-51
8. Холназаров Б.А., Тураев Х.Х., Ширинов Ш.Д., Джалилов А.Т. "Исследование нового гидрогеля, синтезированного на основе крахмала, акриламида и бентонита" Научный журнал «Universum: технические науки» Москва № 4/61 Апрель 2019., С. 50-53
9. Kabiri K, Mirzadeh H, Zouhuriaan-Mehr MJ. Chitosan modified MMT-poly(AMPS) nanocomposite hydrogel: Heating effect on swelling and rheological behavior. J Appl Polym Sci. 2010;116(5):2548–56

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПОДОГРЕВА НЕФТИ В ТРУБЧАТЫХ АППАРАТАХ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОЛЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ

Худайбердиев Абсалом Абдурасулович

*канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории «Процессы и аппараты химической технологии»,
Институт общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан
Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: jarayon@mail.ru*

INTENSIFICATION OF HEATING OF OIL IN TUBULAR DEVICES UNDER THE INFLUENCE OF THE FIELD OF CENTRIFUGAL FORCES

Absalom Hudaiberdiyev

*Candidate of Technical Sciences, senior research of laboratory "Processes and devices of chemical technology",
Institute of general and inorganic chemistry AS of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

Показано, что организация процесса подогрева нефти в трубчатых теплообменных аппаратах под воздействием поля центробежных сил способствует повышению эффективности питания труб нефтью и улучшению условия теплоотдачи в межтрубном пространстве аппаратов за счет турбулизации, утончения или разрушения пленки конденсата на внешней поверхности труб.

ABSTRACT

It is shown that the organization of process of heating of oil in tubular heat exchangers under the influence of the field of centrifugal forces promotes increase in efficiency of food of pipes oil and to improvement of a condition of a thermolysis in interpipe space of devices due to turbulization, thinning or destruction of a layer of condensate on an outer surface of pipes.

Ключевые слова: нефть, подогрев нефти, пар, теплообменник, теплопередающая труба, интенсификация, поля центробежных сил, теплоотдача, конденсат, пленка, эффективность.

Keywords: oil, heating of oil, steam, heat exchanger, heat-transmitting pipe, intensification, fields of centrifugal forces, thermolysis, condensate, layer, efficiency.

Подогрев углеводородного сырья (нефти, газового конденсата и их смесей с различными соотношениями компонентов) в нефтеперегонной установке осуществляется теплом горячих потоков дистиллятов топливных фракций в паровой и жидкой фазах, циркуляционных орошений и мазута, подлежащих к охлаждению, а в отдельных случаях – водяного пара.

Трубчатые теплообменники нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) характеризуются низкой эффективностью теплопередачи ($70 \div 290$ Вт/м²·К) [1], большими расходами тепловой и электрической энергии, крупными габаритными размерами (диаметр корпуса – $0,63 \div 1,8$ м, рабочая длина теплообменных трубок – $5 \div 10,6$ м) и массой (до $30 \div 40$ тн), а также трудностями при эксплуатации, квалифицированного обслуживания и продолжительностью ремонта [1-3]. Поэтому, разработка научно-практических основ повышения технологической эффективности трубчатых теплообменных аппаратов НПЗ на основе интенсификации процессов подогрева (нагрева) сырья,

осуществляемых в этих аппаратах, является *актуальной задачей*, имеющей значимую *научно-практическую ценность*.

Основной целью интенсификации процесса нагревания нефти в трубчатых теплообменниках является увеличение коэффициента теплопередачи в аппаратах, с учётом их технических возможностей.

Одним из основных конструктивных недостатков применяемых на НПЗ трубчатых теплообменников является неравномерность питания нефтью тепло-передающих труб, особенно в центральной зоне их распределительной камеры, вызванные нерациональным в гидравлическом отношении расположением труб на площади трубных решеток аппаратов.

Это объясняется переменностью напора потока нефти в разных точках поперечного сечения камеры распределения, образуемой между трубной решеткой и крышкой аппарата. Соответственно, расход нефти в трубках, расположенных в различных точках площади трубной решетки, также будет не одинаковым.

В результате неравномерного распределения нефти по теплопередающим трубкам в них образуется слой нагара различной толщины, как по их длине (высоте), так и по месту их расположения в трубной решетке. Нагарообразование является причиной локального ухудшения условия теплообмена между теплоносителями, повышенного расхода тепловой энергии на процесс, снижения коэффициента теплопередачи в аппарате и роста эксплуатационных затрат.

Интенсификация нагрева нефти в трубчатых теплообменниках можно достичь организацией данного процесса под воздействием поля центробежных сил, возникающих при вращении потока сырья или теплоносителя. При таком способе интенсификация процесса нагрева нефти в теплообменниках возможно достижение следующих целей [4; 5]:

- обеспечение одинакового питания нефтью всех теплопередающих труб за счет равномерного распределения потока в поперечном сечении теплообменника;
- существенного улучшения условия конденсации греющего пара (паров дистиллятов топливных фракций) в межтрубном пространстве аппаратов при движении потока по винтовой закрутке.

Вышеперечисленные технологические меры приводят к росту интенсивности процессов тепло- и массообмена в трубном и межтрубном пространствах теплообменников.

Эффект интенсификации обуславливается уменьшением толщины вязкого подслоя нефти в трубах и снижением термического сопротивления пленки конденсата на внешней поверхности теплопередающих труб за счет ее турбулизации, утончения или разрушения под воздействием поля центробежных сил.

Как известно, величина центробежной силы C (в Н), в зависимости от радиуса вращения потока сырья R в распределительной камере теплообменников, определяется по выражению [6]:

$$C = mv^2/R, \quad (1)$$

где m – масса нефти в распределительной камере аппарата, кг; v – скорость потока нефти в камере, м/с; R – радиус распределительной камеры аппарата, м.

Соотношение центробежной силы C и силы тяжести G показывает эффективность осуществляемого в теплообменном аппарате процесса:

$$C/G = (m \cdot v^2/R)/(m \cdot g) = v^2/R \cdot g = K_p, \quad (2)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения; K_p – фактор разделения или степень интенсификации исследуемого процесса в аппарате.

Согласно (1), от периферии камеры распределения аппарата ($r = R$) по направлению к ее центру ($r = 0$) величина C потока нарастает. В этом случае, когда $r = R$, величина $C = \min$, если $r = 0$, то $C = \max$. При этом темп нарастания центробежной силы (в %), определяется как

$$j_c = [(C_1 - C_2)/C_1]100 \%. \quad (3)$$

Преимущество предложенного способа интенсификации теплоотдачи, приводящего к повышению технологической эффективности аппаратов, можно выявлять путем расчета изменения величины центробежной силы C по поперечному сечению камеры распределения, возникающей при касательной подаче жидкости к этой части аппарата.

Расчеты по определению изменения величины центробежной силы в камере распределения нефти выполнены для кожухотрубчатого подогревателя НПЗ, который имеет следующие конструктивно-технологические параметры: площадь теплообмена $F = 99 \text{ м}^2$; диаметр кожуха $D = 630 \text{ мм}$; диаметр теплопередающих трубок $d = 20/25 \text{ мм}$, длина одной трубы $l_{\text{тр}} = 6890 \text{ мм}$; высота камеры распределения $H = 250 \text{ мм}$; диаметр патрубка для подвода нефти $d_n = 250 \text{ мм}$; производительность аппарата по нефти $V = 60 \text{ м}^3/\text{ч}$; нефть в ходе процесса нагревается от $t_{n1} = 107^\circ\text{C}$ до $t_{n2} = 130^\circ\text{C}$ и при средней температуре ее нагрева $t_{cp} = 120^\circ\text{C}$ имеет плотность $\rho = 781 \text{ кг/м}^3$.

Масса нефти m в распределительной камере аппарата равняется

$$m = (\pi D^2/4)H \cdot \rho = (\pi \cdot 0,63^2/4) \cdot 0,25 \cdot 781 = 60,83 \text{ кг}. \quad (4)$$

Скорость поступления нефти в камеру теплообменника при диаметре подающего патрубка $d_n = 0,25 \text{ м}$ составляет:

$$v = 4V/(3600\pi d_n^2) = 460/(3600 \cdot 3,14 \cdot 0,25^2) = 0,34 \text{ м/с}. \quad (5)$$

Величина центробежной силы C (в Н), в зависимости от радиуса вращения потока нефти R в распределительной камере, определяется по (1):

$$C = mv^2/R = 60,83 \cdot 0,34^2/R.$$

Результаты расчетов эффективности распределения нефти по трубкам теплообменного аппарата, выполненные по (1) и (2), сведены в табл. 1.

Таблица 1.

Эффективность распределения нефти по трубкам кожухотрубчатого теплообменника НПЗ под действием центробежной силы

Центробежная сила	Текущий радиус вращения потока нефти R в распределительной камере по ее диаметру D				
	$R = 0,5 \cdot D$	$R = 0,4 \cdot D$	$R = 0,3 \cdot D$	$R = 0,2 \cdot D$	$R = 0,1 \cdot D$
Величина центробежной силы C , Н	22,324	27,905	37,206	55,809	111,618
Темп нарастания центробежной силы j_c , %	-	25,0	33,33	50,0	100,0
Степень эффективности распределения нефти по трубкам K_p , %	3,74	4,68	6,23	9,35	18,71

Как видно из таблицы, по направлению от периферии ($R = 0,5D$) распределительной камеры к ее центру ($R = 0,1D$) величина центробежной силы потока растёт от 22,324 до 111,618 кПа, а темп ее нарастания по (3) составляет от 25 до 100 %. В силу этого и растёт величина напора потока, что является благоприятным фактором, улучшающий условия питания нефтью трубок, расположенных в центральной зоне распределительной камеры аппарата.

Результаты расчетов свидетельствует о том, что организация равномерного распределения жидкости по трубкам аппарата под воздействием поля центробежных сил повышает эффективность питания труб высоковязкой нефтью на 18,7 %. Благодаря этому повышается коэффициент теплоотдачи от греющего пара к стенке теплопередающих труб, замедляется

скорость нагарообразования в трубках и удлиняется продолжительность межремонтного цикла теплообменника [7].

По результатам исследований по интенсификации теплообмена в поле центробежных сил разработана конструкция эффективного трубчатого теплообменника для подогрева углеводородного сырья при конденсации паров на внешней поверхности труб с получением целевого продукта – дистиллятов нефтяных фракций путем конденсации.

Разработанная конструкция кожухотрубчатого теплообменника [8] отличается размещением теплопередающих труб на площади трубной решетки по линии спирали (рис. 1, а) и тангенциальным расположением патрубков для подачи нефти и паров дистиллятов (рис. 1, б).

Рисунок 1. Схема кожухотрубчатого теплообменника: а – схема расположения трубок на площади трубной решетки; б – схема движения потока нефти в камере распределения при ее тангенциальной подаче; 1 – корпус; 2 – теплопередающая трубка; 3 – патрубок для подачи пара; 4 – крышка; 5 – патрубок для отвода нагретой нефти; 6 – верхняя трубная решетка; 7 – патрубок для выпуска газов; 8 – сегментные перегородки; 9 – нижняя трубная решетка; 10 – патрубок для отвода конденсата; 11 – днище; 12 – штуцер для слива жидкости; 13 – патрубок для подвода нефти

Принцип действия предложенного теплообменника (рис. 1) заключается в следующем. Тангенциальная подача жидкости в аппарат приводит поток во вращательное движение в его распределительной камере. Под действием возникающей центробежной силы нефть равномерно распределяется по трубкам, расположенным по всей площади трубной решетки аппарата.

Процесс конденсации паров дистиллятов топливных фракций в межтрубном пространстве предложенного теплообменника под действием поля центробежных сил протекает следующим образом.

Греющий пар под давлением вводится в кожух аппарата по патрубку 3, приваренному к корпусу 1 по касательной линии. При тангенциальной подачи пара в межтрубное пространство теплообменника возникает вращательное движение потока, направленное вниз по спиралеобразному коридору, образованное расположением пучка труб 2 на площади трубных решеток 6 и 9 аппарата (рис. 1, а).

Под воздействием центробежной силы, возникающей при вращательном движении потока, происходит полное обтекание паром пучка теплообменных трубок. При этом пар, соприкасаясь с холодной поверхностью труб, охлаждается и конденсируется, образуя тонкую пленку жидкости на внешней поверхности труб. В дальнейшем, парожидкостный поток с большой скоростью ударяется по конденсатной пленке на поверхности трубок и разрушает ее на мелкие капли (брызги). Срывающиеся из пленки капли с большой скоростью выбрасываются на соседние трубы, где также разрушают конденсатную пленку, стягивая ее в крупные капли. Такое действие пара продолжается и на тыльной стороне трубы, противоложной к направлению движения пара, где конденсат собирается в виде жгута, значительно превышающего толщину конденсатной пленки. Движение конденсата в жгуте становится турбулентным и его термическое сопротивление резко падает.

В момент отрыва капель от стенки поверхность трубок освобождается от пленки, тем самым обеспечивается свободный доступ удаленным от стенки слоям пара к обнаженной площади теплообмена. При этом создается благоприятное условие для равномерной конденсации пара. Такая гидродинамическая обстановка близка к возникновению искусственной капельной конденсации пара по всему объему межтрубного пространства аппарата. Как известно, такое изменение характера процесса конденсации пара приводит к значительному повышению интен-

сивности теплообмена и обеспечению соответствующего увеличения величины коэффициента теплопередачи.

Наконец, при скоростном вращательном движении пара по межтрубному пространству весь конденсат, сорванный с поверхности труб под действием центробежной силы, отбрасывается к поверхности кожуха аппарата и движется вдоль нее до тех пор, пока не происходит полная конденсация пара.

При невысоких скоростях обтекания паром трубок влияния естественной конвекции становится заметным. Вследствии этого, удаленные от стенки труб слои пара достигают ее только тогда, когда сконденсировался близлежащий слой. При этом у поверхности труб активизируется накопление неконденсирующихся газов (имеющий место при использовании водяного пара), что замедляет процесс конденсации пара.

Повышение скорости (расхода) конденсирующегося пара вызывает увеличения коэффициента трения λ парового потока о слой конденсата (из-за торможения стекающей пленки о слой пара). С ростом скорости пара растет и величина динамического напора парового потока ($\rho_n \omega_n^2$), под воздействием которого неконденсирующиеся газы из пограничного слоя принудительно уносятся вместе с конденсатом. Это снижает градиент концентрации пара и газов, что уменьшает влияния неконденсирующихся газов на теплоотдачу.

Как известно, с повышением давления пара растет его плотность, температура конденсации и значения числа Pr . Увеличение последнего указывает на целесообразность воздействия центробежных сил на пленку конденсата при ламинарном и переходном режимах ее течения, что интенсифицирует турбулентные пульсации в пристенном слое, где турбулентная теплопроводность мала, а плотность теплового потока максимальна [6].

Таким образом, благодаря организации процесса нагревания углеводородного сырья в трубчатых теплообменниках под воздействием поля центробежных сил повышается эффективность питания труб высоковязкой нефтью на 18,7 %, устраняется вероятность преждевременного забивания труб слоем нагара, достигается полное омывание трубного пучка паром, уменьшается термическое сопротивление пленки конденсата за счет ее турбулизации, утончения или разрушения и улучшаются условия теплоотдачи от греющего пара к стенке теплопередающих труб.

Список литературы:

1. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2000. - 677 с.
2. Глаголева О.Ф., Капустин В.М., Гюльмисарян Т.Г. и др. Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть I. Первичная переработка нефти /Под ред. О.Ф. Глаголевой и В.М. Капустина. - М.: Химия, КолосС, 2006. - 400 с.
3. Ахметов С.А., Сериков Т.П., Кузеев И.Р., Баязитов И.М. Техно-логия и оборудование процессов переработки нефти и газа: учебное пособие / Под ред. С.А. Ахметова. - СПб.: Недра, 2006. - 868 с.

4. Худайбердиев А.А. Организация процесса тепловой подготовки нефти в кожухотрубчатых теплообменных аппаратах под воздействием центробежных сил// Инновационные разработки в сфере химии и технологии топлив и смазывающих материалов: Сборник докладов и тезисов II Международной НТК: - Бухара, БНПЗ, 2017. - С. 142-145.
5. Худайбердиев А.А. Трубчатый теплообменник для интенсивного подогрева углеводородного сырья// Проблемы и перспективы развития инновационного сотрудничества в научных исследованиях и системе подготовки кадров: Материалы международной НПК. - Бухара, БИТИ, 2017. - С. 121-123.
6. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической техно-логии: Учебник для вузов. - 8-е изд., перераб. - М.: Химия, 1971. - 783 с.
7. Артиков А.А., Худайбердиев А.А., Саломов Х.Т. Распределение нагара в предварительных дистилляторах НД-1250// Масло-жировая промышленность. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - № 11. - с.36-37.
8. Патент Республики Узбекистан на полезную модель № FAP 00992. Кожухотрубчатый теплообменник / Салимов З., Худайбердиев А.А., Сайдахмедов Ш.М. // Расмий ахборотнома. - 2015. - № 2.

ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ФУРАНОВЫЕ ОЛИГОМЕРЫ И ПЕНОПОЛИУРЕТАНЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Низамов Тулкун Абдусаматович

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

Алимухамедов Музафар Ганиевич

д-р техн. наук, доц., Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: MGA1953@mail.ru

Магруппов Фархад Асадуллаевич

д-р хим. наук, проф., доц., Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: magrupov4@mail.ru

POLYFUNCTIONAL FURANE OLIGOMERS AND FOAM POLYURETHANE ON THEIR BASIS

Tulkun Nizamov

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

Muzafar Alimukhamedov

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

Farchad Magrupov

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

АННОТАЦИЯ

Реакцией фурфурилового и многоатомных спиртов синтезированы гидроксилсодержащие фурановые олигомеры и изучены их физико-химические свойства. Использование этих олигомеров модифицированы промышленные пенопласты и разработаны жесткие пенополиуретаны. Показано влияние природы синтезированных фурановых олигомеров на эксплуатационные свойства жестких пенополиуретанов.

ABSTRACT

The reaction of furfuryl and polyatomic alcohols synthesized hydroxyl-containing furan oligomers and their physical-chemical properties have been studied. Using these oligomers, industrial foams are modified and rigid polyurethane foams are developed. The influence of the nature of the synthesized furan oligomers on the performance properties of rigid polyurethane foams is presented.

Ключевые слова: олигомер, фурфуриловый спирт, многоатомные спирты, поликонденсация, физико-химические свойства, пенополиуретан, модификация, технологические показатели, прочностные свойства.

Keywords: oligomer, furfuryl alcohol, polyhydric alcohols, polycondensation, physical-chemical properties, polyurethane foam, modification, technological indicators, strength properties.

Гидроксилсодержащие фурановые олигомеры находят достаточно широкое применение в производстве пенополиуретанов (ППУ) и пенополиизоциануратов (ППИЦ). Это позволяет сочетать тепло-, термо-, огнестойкость фурановых полимеров с высокими физико-механическими свойствами уретано-

вых пенопластов [1; 4; 7; 9]. Низкая функциональность гидроксилсодержащих фурановых олигомеров не позволяет целенаправленно регулировать процесс формования и физико-механические свойства пенопластов [5; 8]. Поэтому синтез полифункциональных фурановых олигомеров позволил бы решить вышеуказанные проблемы.

В свете изложенного были исследованы условия образования гидроксилсодержащих полифункциональных фурановых олигомеров и получения жестких пенополиуретанов на их основе.

В литературе [2] описан синтез фурановых олигомеров, без глубокого исследования механизма образования, реакцией фурфуролового спирта (ФС) с этиленгликолем, левоглюкозаном и ксилитом. Олигомеры использованы для получения термостойких и эластичных лаковых покрытий.

На основе этих исследований синтезированы гидроксилсодержащие фурановые олигомеры реакцией ФС и многоатомных спиртов, пригодных для получения жестких ППУ. С целью регулирования функциональности олигомеров в качестве сомономеров были выбраны диолы (этиленгликоль, диэтиленгликоль), триол (глицерин) и пентол (ксилит).

Методика синтеза олигомеров разработана по аналогии с методикой, описанной в работе [2]. В трехгорлую колбу, снабженную механической мешалкой, с масляным затвором, термометром и обратным холодильником загружали 6 моль ФС и 1 моль многоатомного спирта. При энергичном перемешивании температуру доводили до 110°C и добавляли необходимое количество катализатора – малеинового ангидрида (ГОСТ 11153-75). Затем реакционную смесь вновь нагревали до 120°C в течение определенного времени. По истечении этого времени реакционную смесь охлаждали, отгоняли надсмольные воды, непрореагировавшие мономеры, нагревая реакционную смесь до температуры 112-114°C при пониженном давлении. За ходом конденсации следили по изменению содержания гидроксильных групп, свободных мономеров, молекулярной массы и вязкости [6].

ППУ получали перемешиванием заранее взвешенной композиции дисковой мешалкой с частотой вращения 3000 об/мин. Параметры вспенивания снимали при свободном вспенивании композиции. Для определения физико-механических свойств композицию заливали в металлическую форму размером 160x180x70мм, предварительно нагретую до 40-60°C. Физико-механические свойства ППУ определяли согласно соответствующим методикам [3] и стандартам.

Исследования показали, что с увеличением количества катализатора – малеинового ангидрида (МА)

– повышается молекулярная масса олигомеров, содержание в них гидроксильных групп, понижается концентрация свободного ФС. Так, в системе ФС-этиленгликоль при изменении концентрации катализатора от 0,05 до 0,5% от массы ФС увеличивается молекулярная масса олигомеров от 280 до 700, уменьшаются содержание гидроксильных групп (от 13,0 до 6,7%) и концентрация свободного ФС (от 42,0 до 2,0%).

Олигомеры, полученные при содержании МА до 0,085% от массы ФС, являются низковязкими, а при 0,34% и выше образуются растворимые, но не текучие продукты. Исходя из технологических требований производства ППУ, выявлена оптимальная концентрация катализатора, которая равна 0,17% от веса ФС.

Исследование влияния продолжительности синтеза на изменение физико-химических свойств олигомеров показало, что конденсация ФС с исследованными многоатомными спиртами характеризуется резким уменьшением концентрации свободного ФС и гидроксильных групп, повышением значения молекулярной массы олигомеров. Кроме того, в начальный период реакции выделяется больше конденсата – воды. Причем для фурфурил-этиленгликолевых олигомеров время достижения изломов на кривых изменения соответствующих показателей составляет 1,0 час.

В аналогичных условиях были синтезированы фурановые олигомеры из ФС и диэтиленгликоля.

Использование в качестве сомономеров глицерина существенного изменения на ход реакции ФС с многоатомными спиртами не вносит. При переходе от диолов к глицерину образуются олигомеры с более высокой молекулярной массой, концентрацией гидроксильных групп. При переходе от триола к пентолу активность реакционной системы понижается. Например, по истечении 1 часа конденсации образуются олигомеры со следующими свойствами: молекулярная масса – 500, вязкость – 3,7 Па·с, свободный ФС – 12%, концентрация гидроксильных групп – 18%. При этом полной конверсии ксилита не удалось достичь даже после 4 часов конденсации. Уточнение причин этого явления требует более глубоких исследований. Физико-химические свойства олигомеров приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Физико-химические свойства фурановых олигомеров

Наименование показателей	Олигомеры на основе			
	ФС и ЭГ	ФС и ДЭГ	ФС и Гл	ФС и Кс
Молекулярная масса	500-600	550-650	600-700	600-750
Динамическая вязкость, при 25°C, Па·с	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0
Содержание гидроксильных групп, %	5-7	5-7	10-15	12-18
Содержание свободного ФС, %	5-10	20-30	8-16	10-20
Средняя функциональность по ОН-группам	1,9-2,1	1,9-2,1	3,0-4,0	4,2-5,0

Данные таблицы 1 показывают, что, меняя сомономер, можно на основе ФС синтезировать олигомеры с различной функциональностью. При использовании гликолей и глицерина в основном получаются двух- и трехфункциональные олигомеры. В случае же ксилита функциональность олигомеров не достигает максимально заложенного значения. Это можно объяснить протеканием ряда

побочных реакций, приводящих к снижению функциональности олигомеров, а также различной природой функциональных групп в ксилите.

На основе синтезированных реакционноспособных гидроксилсодержащих фурановых олигомеров были разработаны вспененные композиционные материалы – пенополиуретаны (табл. 2).

Таблица 2.

Технологические параметры и физико-механические свойства пенополиуретанов на основе гидроксилсодержащих фурановых олигомеров

Наименование показателей	ППУ на основе				
	ФС и ЭГ	ФС и ДЭГ	ФС и Гл	ФС и Кс	ППУ-307
Время старта, с	16	20	25/21	26/21	18
Время гелеобразования, с	38	48	50/42	50/37	33
Время подъема, с	72	110	150/80	105/74	75
Кажущаяся плотность, кг/м ³	100	100	100	100	100
Напряжение сжатия при 10%-ной деформации, МПа	0,58	0,62	0,68/0,70	0,75/0,82	0,78
Ударная вязкость, кДж/м ²	0,30	0,38	0,32/0,45	0,37/0,30	0,31
Водопоглощение за 24 часа, кг/м ²	0,24	0,27	0,17/0,12	0,10/0,16	0,15
Горючесть: (огневая труба) потеря массы, %	61	64	50/64	58/63	100

Примечание: числитель – свойства ППУ на основе синтезированных олигомеров; знаменатель – свойства ППУ-307, модифицированного синтезированными олигомерами.

Данные таблицы 2 показывают, что наиболее низкие прочностные характеристики наблюдаются у ППУ на основе ФС и этиленгликоля. Введение в макроцепь полимер-основы пенопластов алифатических цепочек и простых эфирных мостиков (олигомеры на основе ФС, диэтиленгликоля) приводит к улучшению механических свойств ППУ при незначительном повышении потери массы пенопластов при горении.

Увеличение функциональности олигомеров позволяет повысить прочностные показатели вследствие возрастания плотности сшивки ППУ. При этом закономерно происходит уменьшение ударной вязкости пенопластов. Как видно из таблицы 2, модификацией синтезированными фурановыми олигомерами про-

мышленного ППУ-307 удалось значительно повысить его огнестойкость при сохранении основных эксплуатационных характеристик.

Выводы:

Гетерополиконденсацией фурфуролового спирта и многоатомных спиртов синтезированы гидроксилсодержащие полифункциональные фурановые олигомеры «пенополиуретанового назначения», выявлены оптимальные условия их образования. На основе полученных олигомеров разработаны жесткие ППУ, свойства которых в основном зависят от природы и функциональности олигомеров. Модификация промышленного пенопласта марки ППУ-307 синтезированными олигомерами позволяет улучшить его теплофизические свойства.

Список литературы:

1. Алимухамедов М.Г. Закономерности формирования и свойства сегментированных гидроксилсодержащих фурановых олигомеров жестких пенополиуретанов на их основе: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Ташкент, 1997. – 43 с.
2. Маматов Ю.М. Фурановые смолы. – М.: ОНТИ ТЭИмикробиопрома, 1974. – 100 с.
3. Михайлин Ю.А. Показатели огнестойкости пластмасс и методы их определения // Полимерные материалы. – 2011. – № 7. – С. 26-31.
4. Низамов Т.А. Разработка композиций ячеистых полимеров из вторичных фурановых ресурсов // Композиционные материалы. – 2011. – № 3. – С. 33-36.
5. Полиуретаны. Состав, свойства, производство, применение / Ф. Марк и др.; Пер. с англ. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2018. – 576 с.

6. Торопцева А.М., Белгородская К.В., Бондаренко В.М. Лабораторный практикум по химии и технологии высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1972. – 416 с.
7. Ionescu M. Chemistry and Technology of Polyols for Polyurethane. London: «Rapra Technology Limited», 2005. P. 605.
8. König A., Kroke E. Flame retardant working mechanism of methyl –DOPO and MPPP in flexible polyurethane foam. Fire and Materials. 2012. № 36. P. 1-15.
9. Pents W.J., Dunlop W.R., Leitheiser R.H. A new furan polyol for low fire-hazard rigid urethane foams. J. Consum. Prod. Flammability Co. 1982. Vol. 9. No.12. P. 149-160.

**ПОЛИТЕРМА РАСТВОРИМОСТИ СИСТЕМЫ НИТРАТА КАРБАМИДА -
МОНОЭТАНОЛАМИН – ВОДА****Толипов Фуркат Рустам угли***стажер-исследователь, Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Узбекистан, г. Ташкент***Шукуров Жамшид Султонович***д-р техн. наук, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Главный научный сотрудник,
Узбекистан, г. Ташкент**E-mail: kumush1984@mail.ru***Тогашиаров Ахат Салимович***д-р техн. наук, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Главный научный сотрудник,
Узбекистан, г. Ташкент**E-mail: ionxahat@mail.ru***Тухтаев Сайдирахрал***доктор химических наук, академик, заведующий лабораторией, Институт общей и
неорганической химии АН РУз,
Узбекистан, г. Ташкент***POLYTERM IN SOLUBILITY SISTEM OF NITRATE CARBAMIDE -
MONOETHANOLAMINE - WATER****Furkat Tolipov***Research Intern, Institute of General and Inorganic Chemistry, AS RUz,
Uzbekistan, Tashkent***Jamshid Shukurov***Doctor of Science in Technics, Institute of General and Inorganic Chemistry of the,
Uzbekistan, Tashkent***Akhat Togasharov***Doctor of Science in Technics, Institute of General and Inorganic Chemistry of the AS RUz,
Uzbekistan, Tashkent***Saidiaxral Tukhtaev***Doctor of Science, academician, Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences
of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent***АННОТАЦИЯ**

Изучена растворимость компонентов в системе $\text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} - \text{H}_2\text{O}$ визуальным - политермическим методом в широком интервале температур. На фазовой диаграмме системы разграничены поля кристаллизации льда, двух-, одно- и безводного моноэтаноламина, нитрата карбамида и соединения состава $\text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$. Установлены оптимальные условия синтеза нитрата карбамида моноэтаноламмония при изучении физико-химических свойств: температуры кристаллизации, плотности, вязкости, pH растворов в зависимости от соотношения компонентов.

ABSTRACT

The solubility of the components in the system $\text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} - \text{H}_2\text{O}$ was studied by the visual-thermal method in a wide temperature range. The fields of crystallization of ice, two-, one-, and anhydrous monoethanolamine, of carbamide nitrate and compounds of the composition $\text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$ are delimited on the phase diagram of the system. It was established optimal conditions for the synthesis of monoethanolammonium urea

nitrate in the studying the physicochemical properties of the crystallization temperature, density, viscosity, pH of the solutions in depending on the ratio of components.

Ключевые слова: диаграмма растворимости, политерма, система, нитрат карбамида, моноэтаноламин.

Keywords: solubility diagram, polytherm, system, carbamide nitrate, monoethanolamine.

Дефолиация – важное агротехническое мероприятие в современном этапе возделывания сельскохозяйственных культур [4, с. 26]. Синтезируемые дефолианты должны быть малотоксичными, мягкодействующими на растения и высокоэффективными, обеспечивающими опадения листьев за одну обработку [7, с. 11-19; 1, с. 126-143].

Этаноламины и их производные с кислотами, в частности уксусной, лимонной, азотной обладают физиологической активностью, усиливают эффективность дефолиантов [2, с. 471-480; 5, с. 13-22]. Благодаря наличию в составе их молекул этиленовой - $\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-}$ группы, они проявляют рост ретардантных свойств, приводящие к увеличению этилена в зоне опадения листьев [3, с. 31-36]. Это является основным фактором усиления процесса дефолиации и ускорения опадения листьев, созревания урожая сельскохозяйственных культур и предотвращения вторичного отрастания листьев после дефолиации.

Нитрат карбамид [6, с. 947-957] и этаноламин является стимулятором роста и развития, а также эффективным синергистом для хлоратсодержащих дефолиантов, усиливающих их дефолирующий эффект.

Для физико-химического обоснования процесса синтеза производных этаноламинов, используемых в качестве этиленпродуцирующей добавкой к хлоратсодержащим дефолиантам, представляет интерес изучение поведения моноэтаноламина и нитрата карбамида в системе $\text{HNO}_3\cdot\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{-NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH-H}_2\text{O}$ в широком температурном и концентрационном интервале.

Изучение растворимости бинарной системы моноэтаноламин – вода показало, что на её диаграмме разграничиваются четыре ветви кристаллизации: льда, двух-, одно- и безводного моноэтаноламина. Эвтектическая точка системы соответствует 52,4% $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ и 47,6% H_2O при $-48,3^\circ\text{C}$. Данные полученные нами хорошо согласуются с литературными [8, с. 11-12].

Исследование в бинарной системы нитрат карбамида - вода показало, что на её диаграмме растворимости выявлены поле кристаллизации льда и нитрата

карбамида (рис.1). Эвтектическая точка данной бинарной системы соответствует 7,8 % льда и нитрата карбамида при $-1,6^\circ\text{C}$.

Нами изучена растворимость в системе $\text{HNO}_3\cdot\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{-NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH-H}_2\text{O}$ визуальным-поли-термическим методом в интервале температур – $57,8$ до $-1,6^\circ\text{C}$ (рис. 2). При изучении тройной системы $\text{HNO}_3\cdot\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{-NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH-H}_2\text{O}$ было исследовано семь внутренних разрезов. Из них разрезы I-III проведены со стороны нитрата карбамида – вода к вершине моноэтаноламина, IV – VII со стороны моноэтаноламина – вода к вершине нитрата карбамида. На фазовой диаграмме системы разграничены поля кристаллизации льда, двух-, одно- и безводного моноэтаноламина, нитрата карбамида и соединения состава $\text{HNO}_3\cdot\text{CO}(\text{NH}_2)_2\cdot\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$.

Рисунок 1. Диаграмма растворимости системы $\text{HNO}_3\cdot\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{-H}_2\text{O}$

Рисунок 2. Политермическая диаграмма растворимости системы $\text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 - \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} - \text{H}_2\text{O}$

Определены составы и температуры кристаллизации для трех тройных точек системы (табл. 1).

Таблица 1.

Тройные и двойные точки системы $\text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 - \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} - \text{H}_2\text{O}$

Состав жидкой фазы, %			Темп-ра крист., °C	Твердая фаза
Нитрат мочевина	МЕА	H_2O		
-	79,6	20,4	-25,2	$\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} + \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} \cdot \text{H}_2\text{O}$
2,4	77,6	20,0	-25,6	то же
5,2	75,0	19,8	-26,1	то же
8,2	72,2	19,6	-26,8	то же
33,7	40	26,3	-36,2	то же
37,6	28,4	34,0	-37,2	$\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} + \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$
-	66,3	33,7	-46,1	$\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
3,9	64,1	32,0	-46,2	то же
8,0	60,2	31,8	-46,7	то же
11,8	51,9	36,3	-47,4	то же
19	36,4	44,6	-48,1	то же
20,2	32,0	47,8	-48,3	то же
25,8	19,6	54,6	-49,2	$\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$
-	52,4	47,6	-48,3	Лед + $\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
5,2	47,8	47,0	-50,5	то же
11,6	35,8	52,6	-55,5	то же
12,4	17,6	70,0	-56,5	то же
12,5	7,2	80,3	-57,0	Лед + $\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} + \text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2$
56,0	44,0	-	-10,0	$\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} + \text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$
49,3	39,8	10,9	-20,2	то же
43,4	34,0	22,6	-30,2	то же
34,2	26,3	39,5	-40,5	$\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$
24,5	18,6	56,9	-50,0	$\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$
21,0	16	63,0	-52,6	то же

13,7	12,8	73,5	-55,2	то же
10,0	4,0	86,0	-5,4	Лед + $\text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2$
6,8	-	93,2	-1,6	то же
64,6	35,4	-	-12,0	$\text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH} + \text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2$
60,0	35,7	4,3	-19,0	то же
54,8	31,3	13,9	-26,1	то же
45,7	21,8	32,5	-35,8	то же
31,0	13,9	55,1	-47,8	то же
26,4	12,8	60,8	-50,9	то же
18,4	8,6	73,0	-55,8	то же

Из диаграммы растворимости системы нитрат карбамид – моноэтаноламин – вода видно, что интервал температур $-1,6 \div -57,0^\circ\text{C}$ отвечает совместной кристаллизации льда с нитратом карбамидом, а $-48,3 \div -57,0^\circ\text{C}$ – льда с двухводным моноэтаноламином. В интервале температур $-46,1 \div -49,2^\circ\text{C}$ из равновесного раствора совместно кристаллизуются одноводный моноэтаноламин и двухводный моноэтаноламин, а при $-25,2 \div -37,2^\circ\text{C}$ одноводный моноэтаноламин с моноэтаноламином. Как видно из приведенных данных, в изученной системе в качестве новой фазы образуется соединение $\text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$. Данное соединение образуется в интервале температур $-1,6$ до $-12,0^\circ\text{C}$ при концентрациях нитрата карбамида от 6,9 до 64,8% и моноэтаноламина до 35,8%.

Соединение, обнаруженное в изученной системе, выделено из предполагаемой области кристаллизации и идентифицировано химическим методом анализа.

Химический анализ показал следующие результаты:

Найдено, % : C = 19,49% ; N = 30,41; H= 6,6; O=43,50.

для $\text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$
вычислено, % : C = 19,56% ; N = 30,43; H= 6,52; O=43,48.

Изучено взаимодействие компонентов и физико-химические свойства растворов в системе $[\text{15\% HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 85\% \text{H}_2\text{O}] - \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$ с целью обоснования процесса получения растворов нитрат карбамида моноэтаноламиния. Определены температуры кристаллизации, вязкости, показателя преломления, плотности и pH растворов изучаемых систем в зависимости от содержания компонентов при 25°C . На построенных диаграммах «состав – свойства» системы $[\text{15\% HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 85\% \text{H}_2\text{O}] - \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$ наблюдаются 2 излома на кривых растворимости компонентов, соответствующих двойным точкам совместной кристаллизации в трех различных твердых фаз (рис.3).

Как видно из рис. 3, при добавлении 7,2 % моноэтаноламина к 15 %-ному раствору нитрата карбамида, температура кристаллизации раствора снижается от 18,0 до $-2,0^\circ\text{C}$. В эвтектической точке происходит кристаллизация двух твердых фаз $\text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и $\text{HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$.

Рисунок 3. Зависимость изменения физико-химических свойств растворов: (1 – температуры кристаллизации, 2 – pH среды, 3 – вязкости, 4 – плотности и 5 – показателя преломления) растворов от соотношения компонентов в системе $[\text{15\% HNO}_3 \cdot \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 85\% \text{H}_2\text{O}] - \text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$

Таблица 2.

**Температура кристаллизации, вязкости, плотности и pH среды растворов в системе
[15% HNO₃·CO(NH₂)₂ + 85% H₂O] – NH₂C₂H₄OH**

Содержания компонентов, %		Тем. крист., t, °C	Плот- ность d, г/см ³	Вязкость η, мм ² /с	pH	Показатель преломления
15% нитрат карба- мида +85% H ₂ O	МЭА					
100	-	18,0	1,080	1,20	0,3	1,351
95	5	6,00	1,082	1,10	4,2	1,365
90	10	-3,40	1,083	1,60	8,0	1,376
85	15	-6,20	1,084	3,20	9,4	1,386
80	20	-9,60	1,083	4,40	10,8	1,395
70	30	-16,8	1,082	6,40	12,3	1,412
60	40	-25,8	1,078	8,00	12,6	1,424
50	50	-36,2	1,070	9,10	12,8	1,434
40	60	-27,2	1,063	12,2	13,8	1,439
30	70	-19,8	1,050	12,0	13,9	1,445

Дальнейшее повышение концентрации моноэтаноламина приводит к уменьшению температуры кристаллизации и плотности, а значения вязкости, pH среды и показателя преломления постепенно увеличиваются в растворе систем. Начиная с 7,2 %-ной концентрации моноэтаноламина в растворе системы, образуется новое соединение HNO₃·CO(NH₂)₂·NH₂C₂H₄OH.

По мере увеличения концентрации моноэтаноламина в растворе, температуры кристаллизации, плотности, вязкости, pH и показатель преломления вновь образующихся растворов плавно увеличиваются, а значение плотности постепенно понижается.

Из полученных результатов следует, что при нейтрализации 15 % -ного раствора нитрата карбамида с моноэтаноламином образуются 22,5 % - ные

растворы нитрата карбамида моноэтаноламмония, характеризующиеся хорошими физико-химическими свойствами, имеющие pH среды 6,10, плотностью 1,188 г/см³, температуры кристаллизации 4,0 °C и вязкость 2,150 мм²/с соответственно.

Таким образом на основе полученных данных по растворимости компонентов в вышеуказанных системах и изменения физико-химических свойств (температуры кристаллизации, плотности, вязкости, pH) растворов в зависимости от соотношения компонентов установлены оптимальные условия синтеза 22,5 % - ного раствора нитрата карбамида моноэтаноламмония.

Список литературы:

1. Зубкова Н.Ф. Применение и особенности действия дефолиантов и десикантов // Агрохимия. - 1991. - № 8. - С. 126-143.
2. Кефели В.И. Рост растений и природные регуляторы // Физиология растений. 1997. - Т. 44.- №3. - С. 471-480.
3. Кулаева О.Н. Этилен в жизни растений // Соросовский Образовательный Журнал. - 1998.- № 3. - С. 31-36.
4. Мельников Н.Н. и др. Пестициды и регуляторы роста растений: Справочник. – М.: Химия, 1995. – 66 с.
5. Малиновский В.И. Физиология растений - Владивосток: -2004 г. - 110с.
6. Молодкин А.К., Эллерт Г.В., Иванова О.М., Скотникова Г.А. О соединениях карбамида с кислотами. // Журн.неорган.химии. – М.: Наука. -1967. - Т. 7. - Вып. 4. – С. 947–957.
7. Стонов Л.Д. Дефолианты и десиканты. - М.: Химия. 1973.–159с.
8. Хайдаров Г.Ш., Кучаров Х., Тухтаев С. Политерма растворимости системы хлорат натрия-моноэтаноламин-вода // Узб.хим.журн. -1997. №.1 –с.11-12.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО
ОДНОФАЗНОГО ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ИНВЕРТОРА ТОКА В РЕЖИМЕ ПРЕРЫВИСТОГО
ВХОДНОГО ТОКА*Умаров Шухрат Бадреддинович**канд. техн. наук, доцент, Ташкентский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Ташкент**E-mail: shumarov1951@mail.ru*METHODS OF SIMULATION OF TRANSIENT PROCESSES STABLE SINGLE-PHASE
PARALLEL INVERTER CURRENT IN TAPPING MODE INPUT CURRENT*Shukhrat Umarov**Candidate of Technical Sciences, docent, Tashkent state technical University,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

В статье изложена методика моделирования стабилизированных источников питания на базе однофазного параллельного инвертора тока, работающего в режиме непрерывного и прерывистого входного тока. Получены рекуррентные соотношения для искомых токов и напряжений, позволяющие проводить расчет переходных процессов. Представлены результаты расчета переходных процессов в виде временных диаграмм.

ABSTRACT

The article describes a method of modeling stabilized power supplies based on a single-phase parallel current inverter operating in the mode of continuous and intermittent input current. The recurrent relations for the required currents and voltages, allowing the calculation of transients, are obtained. The results of calculation of transients in the form of time diagrams are presented.

Ключевые слова: методика моделирования, переходные процессы, источник бесперебойного питания, параллельный инвертор тока.

Keywords: modeling methods, transients, uninterruptible power supply, parallel current inverter.

В настоящее время значительное внимание уделяется вопросам разработки вентильных преобразователей в качестве преобразователей постоянного напряжения в переменное со стабилизированным выходным напряжением, которые широко используются при разработке различных видов источников бесперебойного гарантированного питания [1, с. 40-42].

Учитывая, что стабилизированные преобразователи обычно имеют большие пределы изменения как нагрузок, так и входных напряжений, то их рабочая область может включать непрерывные и прерывистые режимы одновременно. Поэтому при проектировании таких преобразователей целесообразно учитывать возможность возникновения прерывистого входного тока. В статье представлены математическая модель и алгоритма для расчета переходных процессов стабилизированного источника питания, выполненного на основе од-

нофазного параллельного инвертора тока с компенсирующим устройством. Регулирование выходного напряжения и, следовательно, стабилизация осуществляется изменением частоты подаваемых импульсов на силовые тиристоры инвертора.

Алгоритм составлен по математической модели, разработанной на основе операторного метода, которая позволяет провести необходимые расчеты параметров схемы в широких пределах и осуществить в результате соответствующий выбор элементов [2, с. 228-230].

Методика моделирования включает следующие этапы:

а) составляются возможные структуры силовой схемы;

б) составляются операторные схемы замещения (ОСЗ), для каждой из них выводятся рекуррентные формулы изображений и оригиналов, необходимых при расчете токов и напряжений;

в) учитывая выбранный способ возбуждения составляется очередность смены схем замещения на интервалах тактирования, а также составляется соответствующий алгоритм расчета.

В отличие от алгоритмов расчета при непрерывном входном токе, где каждый этап рассчитывался по двум ОСЗ, отличающихся между собой состоянием КУ, в рассматриваемом алгоритме участвуют четыре ОСЗ (I, II, III, IV), отличающиеся между собой как рабочим состоянием КУ, так и наличием или отсутствием входного тока.

Для ОСЗ I, которая эквивалентна структуре при наличии входного тока инвертора и отключенном КУ ($i_d \neq 0, i_k = 0$), были приняты следующие начальные условия

$$t = 0; i_d(0) = I_d; u_c(0) = U_c; i_n(0) = I_n.$$

Для ОСЗ II, которая эквивалентна структуре при наличии входного тока инвертора и включенном КУ ($i_d \neq 0, i_k \neq 0$), были приняты следующие начальные условия

$$t = 0; i_d(0) = I_d; u_c(0) = U_c; i_n(0) = I_n; i_k(0) = I_k.$$

Для ОСЗ III, которая эквивалентна структуре при отсутствии входного тока инвертора и включенном КУ ($i_d = 0, i_k \neq 0$), были приняты следующие начальные условия

$$t = 0; i_d(0) = 0; u_c(0) = U_c; i_n(0) = I_n; i_k(0) = I_k.$$

Для ОСЗ IV, которая эквивалентна структуре при отсутствии входного тока инвертора и отключенном КУ ($i_d = 0, i_k = 0$), были приняты следующие начальные условия

$$t = 0; i_d(0) = 0; u_c(0) = U_c; i_n(0) = I_n.$$

Таким образом, в переходном процессе участвуют четыре структуры силовой схемы с соответствующими ОСЗ. Для каждой ОСЗ на основании законов Кирхгофа были составлены уравнения для искомых токов и напряжений, получены формулы их изображений, а затем получены их оригиналы. Ниже представлены формулы оригиналов токов и напряжений для ОСЗ I

$$i_d(t) = \frac{E_d}{r_1} + \left(\frac{B_2}{D_1}\right) e^{-\sigma_2 t} + K_1 A_1 + K_2 B_1;$$

$$i_n(t) = \frac{E_d}{r_1} + \left(\frac{B_4}{D_2}\right) e^{-\sigma_2 t} + K_3 A_3 + K_3 B_3;$$

$$u_c(t) = \frac{r_n E_d}{r_1} + \left(\frac{B_4}{D_1}\right) e^{-\sigma_2 t} + K_1 A_3 + K_2 B_3.$$

На основании полученных формул для мгновенных значений токов и напряжений была разработана структурная схема алгоритма расчета переходного процесса составленная на основе выполнения граничных условий этапов развития процесса и выявления последовательности смены типов схем замещения на интервалах тактирования (Рис.1).

Рисунок 1. Структурная схема алгоритма расчета переходных процессов в СИП на базе однофазного параллельного инвертора тока в режиме прерывистого тока

Следует отметить, что при составлении структурной схемы алгоритма расчета были учтены не только интервалы существования эквивалентных операторных схем замещения, но и требуемый способ возбуждения, так как в зависимости от вида способа возбуждения развитие переходного процесса, тем самым, и динамические характеристики преобразователя могут существенно отличаться [3, с. 370-372].

Анализ переходных процессов и, соответственно, алгоритм расчета от момента пуска и до достижения номинального значения выходного напряжения производится в три этапа.

На первом этапе рассматриваются процессы с момента пуска инвертора до подачи отпирающих импульсов на вентили компенсирующего устройства (КУ). Затем исследуются процессы второго этапа, который длится до установления номинального значения выходного напряжения $U_{ном}$ т.е. до установившегося режима при неизменной величине входного напряжения E_d . Третьему этапу соответствует расчет переходного процесса с момента изменения величины E_d или параметров нагрузки до установления $U_{ном}$.

С помощью математической модели и алгоритма был произведен расчет переходных процессов, временные эпюры искомых токов и напряжений преобразователя показаны на рис. 2 и 3.

Рисунок 2. Пусковые диаграммы токов и напряжений

Рисунок 3. Временные диаграммы токов и напряжений при сбросе нагрузки
 а) независимое возбуждение инвертора; б) комбинированное возбуждение инвертора

На основании вышеизложенного можно сказать, что представленная математическая модель и алгоритм позволяют:

- произвести расчет переходных процессов при изменении входного напряжения инвертора или нагрузки, а также при их одновременном изменении;

- изучить влияние параметров схемы на протекание переходных процессов;

- выбрать способ управления, обеспечивающий требуемый уровень стабилизации выходного напряжения.

Список литературы:

1. Макаров Д.М., Макаров А.М. Инверторы в источниках бесперебойного питания // Вопросы технических и физико-математических наук в свете современных исследований: сб. ст. по матер. II междунар. науч.-практ. конф. № 2(2). – Новосибирск: СибАК, 2018. – С. 40-45.
2. Умаров Ш.Б. Абдуллабеков И.А. Алгоритм расчета переходных процессов стабилизированного источника питания на базе однофазного последовательного автономного инвертора тока при частотном регулировании. Международный научный журнал. "Молодой учёный", 2016 № 21, стр. 228-232.
3. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Преобразовательная техника.- Киев: Вища школа, 1978.-424 с.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ ГИДРОФИЦИРОВАННЫХ ГОРНЫХ МАШИН

Абдуазизов Набижон Азаматович

доцент кафедры «Горная электромеханика» Навоийского государственного горного института,
Узбекистан, г. Навои

Алиев Тогаймурод Баратович

старший преподаватель кафедры «Химическая технология»
Навоийского государственного горного института,
Узбекистан, г. Навои

Жураев Акбар Шавкатович

ассистент кафедры «Горная электромеханика» Навоийского государственного горного института,
Узбекистан, г. Навои

Кенжаев Зариф Ширин угли

магистрант кафедры «Горная электромеханика»
Навоийского государственного горного института,
Узбекистан, г. Навои

SPECTROSCOPIC METHOD FOR ANALYZING THE CONTAMINATION OF HYDRAULIC FLUID IN HYDRAULIC MINING MACHINES

Nabijon Abduazizov

Associate Professor, Department of Mining Electromechanics, Navoi State Mining Institute,
Uzbekistan, Navoi

Togaymurod Aliyev

Senior lecturer, Department of chemical technology, Navoi State Mining Institute,
Uzbekistan, Navoi

Akbar Jurayev

Assistant, Department of Mining and Electromechanical Engineering, Navoi State Mining Institute,
Uzbekistan, Navoi

Zarif Kenjayev

master student, Department of Mining and Electromechanical Engineering, Navoi State Mining Institute,
Uzbekistan, Navoi

АННОТАЦИЯ

В последнее время основной проблемой при работе гидрофицированных горных машин является загрязнение гидравлических жидкостей различными мельчайшими пылевыми примесями горных пород. В результате чего происходит быстрое изнашивание деталей таких машин. Статья посвящена очистке загрязненных жидкостей с уточнением состава загрязненных примесей. Проведено изучение некоторых физических характеристик (растворимости в органических растворителях, плотности, вязкости). Вязкость исследованных образцов после их перегонки уменьшалась в сравнении с исходными.

ABSTRACT

Recently, the main problem for hydroficated mining machines is the contamination of hydraulic fluids with various impurities of rock formations. Purification of polluted liquids and refined composition of polluted means is relevant.

Studied some physical characteristics (solubility in organic solvents, density, viscosity). Hydraulic fluids do not dissolve in water, o-xylene, butanol and gasoline moderately dissolve. The viscosity of the studied samples decreases relative to the initial, due to the formation of colloidal solutions.

Ключевые слова. Гидравлические жидкости, ИК-спектры, вязкость, плотность, растворитель, гидрофицированная горная машина, перегонка, бутанол, циклогексан.

Keywords. Hydraulic fluids, IR spectra, viscosity, density, solvent, hydraulic mining machines, distillation, butanol, cyclohexane.

В последнее время основной проблемой для гидрофицированных горных машин является загрязненность гидравлических жидкостей различными пылевыми частицами горных пород. После проникновения в гидравлические жидкости, пылевые частицы начинают перетираться и становятся очень мелкими. В результате, твердые пылевые частички истираются и измельчаются в гидравлическом режиме, что в свою очередь приводит к преждевременному изнашиванию деталей и снижению их амортизационного срока службы. Очистка отработанных гидравлических жидкостей от загрязняющих пылевых примесей и уточнение их состава является основной целью проводимых исследований. Для решения данной проблемы, были исследованы отработанные

и загрязненные гидравлические жидкости из гидрофицированных горных машин. Для решения поставленной цели были намечены следующие задачи:

- определение вязкости отработанных гидравлических жидкостей;
- отделение загрязняющих примесей методом перегонки отработанных жидкостей;
- изучение ИК-спектров отработанных гидравлических жидкостей (твердого осадка и жидкой фазы);

Для исследований были использованы гидравлические жидкости марки Tellus – 46, Tellus – 68, Chilon – 46, Chilon – 46 в сравнении с их исходными вариантами. Изучена растворимость исходных и отработанных гидравлических жидкостей в различных органических растворителях (табл. 1).

Таблица 1.

Характер растворимости отработанных гидравлических жидкостей в различных органических реагентах

№	Марка гидравлических жидкостей	Растворители					Плотность, г/мл.	Время t, сек	Вязкость η
		Вода	Бутанол	Циклогексан	Орта ксилол	Бензин			
1	Исход.гидравл. жидкостей	НР	МР	МР	НР	*Р	0,880	20,5	18,04
2	Chilon-46	*НР	*МР	МР	НР	Р	0,869	15,5	13,46
3	Chilon-68	НР	МР	МР	НР	НР	0,874	16,2	14,16
4	Chilon-68 (перегон)	НР	МР	МР	НР	Р	0,827	12,5	10,34
5	Tellus-46	НР	МР	МР	НР	Р	0,863	13,1	11,31
6	Tellus-68	НР	МР	МР	НР	МР	0,865	18,0	15,57
7	Tellus-46	НР	МР	МР	НР	Р	0,752	5,6	4,21

* НР-не растворяется, МР-мало растворяется, Р-растворяется.

Степень вязкости жидкостей измеряли на вискозиметре ВЗ – 246 и стеклянном вискозиметре ВПЖ – 2.

ИК-спектры исследуемых образцов изучали на инфракрасном спектрофотометре JR Tracer – 100 Shimadzu в диапазоне волн от 4000 – 400 см⁻¹.

Исходные гидравлические жидкости перед применением обычно имеют золотисто-желтую окраску, после обработки они принимают темно-коричневую или коричневую окраску, обусловленную наличием мелко перетертых пылевых частичек. Например, после обработки гидравлические жидкости марки Tellus-46, Chilon-46 приобретают характерные темно-коричневые окраски, а жидкость Chilon-68 темно-серой. Для отделения загрязняющих примесей

от гидравлической жидкости были применены различные методы, в том числе с использованием органических растворителей. Определено значение кинематической вязкости, плотности и некоторых физических характеристик гидравлических жидкостей [1;4].

Как видно из данных таблицы 1 гидравлические жидкости не растворяются в основных органических растворителях, за исключением бензина, в котором растворяются почти все жидкости, за исключением Chilon-68. Жидкость Tellus-68 оказалась малорастворимой в этом растворителе.

Плотности гидравлических жидкостей менялись в интервале от 0,827 г/мл до 0,869 г/мл. В контроль-

ном варианте с исходной жидкостью плотность составляла 0,880 г/мл. Вязкость отработанных жидкостей также уменьшалась в сравнении с исходным вариантом. По-видимому, данное обстоятельство может быть объяснено наличием истертых пылевых частичек, которые вместе с жидкостью привели к образованию устойчивых коллоидных растворов.

В ИК-спектре исходной гидравлической жидкости отмечены полосы поглощения в области 2910 см^{-1} , относящиеся к функциональной CH -группе, а для группы $-\text{CH}_2$, $-\text{COOH}$ появляются более интенсивные полосы в области 2854 см^{-1} , мало-интенсивные полосы при $2364\text{--}2345\text{ см}^{-1}$ относятся к $\text{RC}\equiv\text{R}^1$. Слабые полосы поглощения отмечены в интервале $1720\text{--}1543\text{ см}^{-1}$, которые можно отнести к α - или $-\beta$ ненасыщенным кетонам. Более интенсивные полосы поглощения также появляются в области

1462 см^{-1} , которые соответствуют функциональным группам $-\text{CH}_3\text{C}$ -или $(\text{CH}_3)_2\text{C}$ -группам, полосы поглощения которых при 1377 см^{-1} характерны для валентных колебаний C-O ($-\text{COO}^-$ группы) и деформационных колебаний $-\text{OH}$ ($\equiv\text{C-OH}$ группы) групп. Полосы поглощения 725 см^{-1} можно отнести к $-\text{C}=\text{C}-$ группам [1;3].

В ИК-спектрах гидравлических жидкостей марки Chilon-68 и Tellus-68, а также их образцов после перегонки наблюдаются соответствующие полосы поглощения как в исходной гидравлической жидкости. Сравнения ИК-спектров показывает, что в отличие от исходных в спектре отработанных гидравлических жидкостей наблюдаются полосы поглощения в области 964 см^{-1} , 4594 см^{-1} , относящиеся к PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- и силикатам.

Таблица 2.

ИК-спектроскопия отработанных гидравлических жидкостей

№	Chilon-68 перегонный	Chilon-68 осадок	Tellus-68 перегонный	Tellus-68 осадок	Исходный Гидравлич. жид.	Отнесение полос Вал. кол. $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$
1	2910 см^{-1}	2910 см^{-1}	$2994\text{--}2910\text{ см}^{-1}$	2910 см^{-1}	2910 см^{-1}	$-\text{CH}$
2	2828 см^{-1}	2814 см^{-1}	2854 см^{-1}	2854 см^{-1}	2854 см^{-1}	$-\text{CH}_2$ $-\text{COOH}$
3	$2372\text{--}2343\text{ см}^{-1}$	$2372\text{--}2345\text{ см}^{-1}$		-	$2364\text{--}2345\text{ см}^{-1}$	$\text{RC}\equiv\text{R}^1$
4	$1720\text{--}1508\text{ см}^{-1}$	$1720\text{--}1543\text{ см}^{-1}$	$1732\text{--}1712\text{ см}^{-1}$	-	$1720\text{--}1543\text{ см}^{-1}$	$>\text{C}=\text{CH}_2$
5	$1462\text{--}1377\text{ см}^{-1}$	$1462\text{--}1377\text{ см}^{-1}$	$1462\text{--}1377\text{ см}^{-1}$	$1462\text{--}1377\text{ см}^{-1}$	$1462\text{--}1377\text{ см}^{-1}$	CH_3C , $-\text{COO}-$ $(\text{CH}_3)_2\text{C}$ - C-OH
6	1000 см^{-1}	$1115\text{--}1000\text{ см}^{-1}$	$1210\text{--}964\text{ см}^{-1}$	1083 см^{-1}	1000 см^{-1}	алкили
7	721 см^{-1}	725 см^{-1}	-	-	725 см^{-1}	$-\text{CH}=\text{C}-$
8	617 см^{-1}	548 см^{-1}	594 см^{-1}	$594\text{--}547\text{ см}^{-1}$	$621\text{--}480\text{ см}^{-1}$	PO_4^{3-} , HPO_4^{2-}

1. Chilon 68-перегонный

2. Chilon 68 - осадок

3. Исходный вариант

Рисунок 1. Инфракрасные спектры гидравлических жидкостей

Исходя из данных ИК-спектра (таблица 2, рис 1) можно заключить, что используемая исходная гидравлическая жидкость является синтетическим органическим соединением, которое содержит функциональные группы карбоксила ($-\text{COO}^-$), гидроксила ($-\text{OH}$), углеродные цепочки с двойными и тройными

связями ($-C\equiv C-$). Основными загрязнителями могут быть силикатные и фосфоритные пылевые частички горных пород, которые при длительном использовании гидравлических жидкостей в гидрофицированных машинах взаимодействует с катионами металлов Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} и т.д.

Рисунок 2. Инфракрасные спектры гидравлической жидкости Tellus 68

В результате трения гидравлических устройств с пылевыми частичками, отделяются металлические частицы деталей, которые вместе измельчаются и истираются, приводя в последствии к образованию коллоидных растворов силикатов и фосфатов с гидравлическими жидкостями.

В ИК-спектрах гидравлических жидкостей отмечены также полосы поглощения для функциональ-

ных групп $RC \equiv R^1$, что свидетельствует наличии в отработанных жидкостях сажи, окислов азота и углерода, сульфатов, гликолей, а также воды.

Таким образом, резюмируя вышесказанное, можно заключить, что перегонка отработанных жидкостей может представлять интерес для последующей их регенерации и повторном их использовании. Необходимо установить оптимальные температуры перегонки, которые не приведут к снижению вязкости.

Список литературы:

1. Посыпайко В.И., Козырева Н.А., Логачева Ю.П. Химические методы анализа. Москва «Высшая школа», 1989 г.
2. Накамато К. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. Издательство «Мир» Москва 1966 г.
3. Беллами Л. Инфракрасные спектры молекул. Иностранная литература. Москва, 1967 г.
4. Дулицкая Р.А., Фельдман Р.Н. Практикум по физической и коллоидной химии, Москва, «Высшая школа» 1978 г, стр. 250-270.

Научный журнал

**UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№ 8(65)
Август 2019

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 25.08.19. Формат бумаги 60х84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 2,5. 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+