7universum.com

UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

Выпуск: 1(118)

Январь 2024

Часть 3

Москва
2024

УДК 62/64+66/69
ББК 3
U55

Главный редактор:
Ахметов Сайранбек Махсутович, д-р техн. наук;

Члены редакционной коллегии:
Горбачевский Евгений Викторович, канд. техн. наук;
Демин Анатолий Владимирович, д-р техн. наук;
Дехканов Зульфикахар Киргизбаевич, д-р техн. наук;
Звездина Марина Юрьевна, д-р. физ.-мат. наук;
Ким Алексей Юрьевич, д-р техн. наук;
Козьминых Владислав Олегович, д-р хим. наук;
Ларионов Максим Викторович, д-р биол. наук;
Манасян Сергей Керопович, д-р техн. наук;
Мажидов Кахрамон Халимович, д-р наук, проф;
Мартышкин Алексей Иванович, канд.техн. наук;
Мерганов Аваз Мирсултанович, канд.техн. наук;
Пайзуллаханов Мухаммад-Султанхан Саидвалиханович, д-р техн. наук;
Радкевич Мария Викторовна, д-р техн наук;
Романов Андрей Александрович, спец. по направлению гидрогеология и инженерная геология;
Серегин Андрей Алексеевич, канд. техн. наук;
Старченко Ирина Борисовна, д-р техн. наук;
Усманов Хайрулла Сайдуллаевич, д-р техн. наук;
Юденков Алексей Витальевич, д-р физ.-мат. наук;
Tengiz Magradze, PhD in Power Engineering and Electrical Engineering.

U55 Universum: технические науки: научный журнал. – № 1(118). Часть 3., М., Изд. «МЦНО», 2024. – 68 с. – Электрон. версия печ. публ. – http://7universum.com/ru/tech/archive/category/1118

ISSN : 2311-5122

DOI: 10.32743/UniTech.2024.118.1

Учредитель и издатель: ООО «МЦНО»

ББК 3

© ООО «МЦНО», 2024 г.

Содержание

Статьи на русском языке **5**

Технология продовольственных продуктов **5**

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ПРОЦЕССЕ СУШКИ 5
Понасенко Андрей Святославович
Султанова Шахноза Абдувахитовна
Самандаров Достон Ишмухаммат угли
Сафаров Жасур Эсиргапович

ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ КОКОНОВ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА 10
Самандаров Достон Ишмухаммат угли
Султанова Шахноза Абдувахитовна
Сафаров Жасур Эсиргапович

ФОРМИРОВАНИЕ АКТА О ЗАЧИСТКЕ ПРИ ОБОЙНОМ ПОМОЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММ MATLAB 15
Сарболаев Фаррухбек Набиевич
Миралимова Азиза Исамутдиновна
Исломова Фарида Камилджановна
Эргашев Гиесжон Жураевич

НАУЧНАЯ СУЩНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ В ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ МЕЛЬНИЦЫ 19
Холмуродова Зубайда Диёровна
Эшкобилова Мохира Шерматовна

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УПАКОВКИ СОКОВ 22
Чимпайизов Фурқат Нахалович

Химическая технология **24**

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПЛОТНОСТЕЙ СТАНДАРТНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ПРИБОРОВ 24
Аликулова Хакима Аҳмад кизи
Икрамова Мукаддас Эралиевна
Абед Нодира Сайибжановна
Негматов Сайибжан Садыкович

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ФАБРИК МЕТОДОМ ФЛОТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАГЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ МЕСТНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ 28
Аҳмедов Хамид Ахмедович
Бекпулатов Жавлон Мустафокулиевич
Хатамов Гайрат Алимансурович

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ РЕЦЕПТУРЫ ЖЁСТКИХ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИЭТАНОЛАМИНА И ФУРФУРОЛА 34
Губайдуллин Ринат Шавкатович
Алимухамедов Музафар Ганиевич
Адилов Равшан Иркинович

СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ МЕТОДОМ СОЛЬВЕ 39
Курбанова Айсултан Абатбаевна
Вафаев Ойбек Шукурлаевич

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБЕСФТОРИВАНИЯ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ФОСФОРИТОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ В ПРИСУТСТВИИ СОЕДИНЕНИЙ КИСЛОТНОРАСТВОРИМОЙ ОКИСИ КРЕМНИЯ 44
Меликулова Гавхар Эшбоевна
Мирзакулов Холтура Чориевич
Насриддинов Аьзам Умаралиевич
Волынскова Надежда Владимировна
Садыков Баходир Багирович

Энергетика **50**

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМАШНИХ СОЛНЕЧНЫХ СИСТЕМ 50
Рудович Егор Юрьевич

Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение **56**

ПОСТРОЕНИЕ И РАСЧЁТ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ЦНД ТУРБИНЫ К-500-65/3000 ХТГЗ
Зверев Артём Алексеевич

СТАТЬИ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

DOI - 10.32743/UniTech.2024.118.1.16668

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

Понасенко Андрей Святославович
советник ректора БНТУ,
Белорусский национальный технический университет,
Республика Беларусь, г. Минск
E-mail: ponasenko@mipk.by

Султанова Шахноза Абдувахитовна
исполнительный директор, д-р техн. наук, профессор,
Белорусско-Узбекский межотраслевой институт
прикладных технических квалификаций
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: sh.sultanova@yahoo.com

Самандаров Достон Ишмухаммат угли
PhD, зав. кафедрой,
Машиностроительный факультет,
Ташкентский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: ishmuxammedovich@mail.ru

Сафаров Жасур Эсиргапович
д-р техн. наук, профессор,
Ташкентский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: jasursafarov@yahoo.com

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDY OF AIR HEAT FLOW IN THE DRYING PROCESS

Andrey Ponasenko
Rector's Advisor of BNTU,
Belarusian National Technical University,
Republic of Belarus, Minsk

Shakhnoza Sultanova
Executive Director, DSc, associate professor,
Belarusian-Uzbek Interindustry Institute
of Applied Technical Qualifications,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Doston Samandarov
PhD, Head of Department, Faculty of Machine building,
Tashkent State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Jasur Safarov
DSc, prof.,
Tashkent State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Библиографическое описание: РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ПРОЦЕССЕ СУШКИ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Понасенко А.С. [и др.]. 2024. 1(118). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16668*

АННОТАЦИЯ

В рамках настоящего исследования была начата экспериментальная работа с целью получения необходимых данных для анализа поведения сушки при расчете теплового потока воздуха. Контролируемыми переменными в каждом эксперименте были скорость и температура воздуха. Эти параметры оставались постоянными на протяжении всего эксперимента, хотя и менялись от одного эксперимента к другому. Сначала измеряли начальный вес каждого образца тыквы и его начальное содержание влаги, относительную влажность воздуха на входе и выходе из камеры, а также потерю веса образца с течением времени.

ABSTRACT

In the present study, experimental work was initiated to obtain the necessary data to analyse the drying behaviour of the air heat flux calculations. The controlled variables in each experiment were air velocity and temperature. These parameters remained constant throughout the experiment, although they varied from one experiment to another. First, the initial weight of each pumpkin sample and its initial moisture content, the relative humidity of the air at the inlet and outlet of the chamber, and the weight loss of the sample over time were measured.

Ключевые слова: конвективная сушка, энтальпия, энтропия, эксергия, тепловой воздух, масса, влажность, конвективная сушка.

Keywords: convective drying, enthalpy, entropy, exergy, thermal air, mass, moisture, convective drying.

В конвективной сушке для нахождения начальных и конечных данных, необходимых для расчета энтальпийной, энтропийной, экзергетической и эксергетической эффективности, рассматриваются массовый баланс в потоке теплового воздуха, поток влаги из теплового воздуха, масса и расход влаги, удаляемой из твердого тела, в общем, общий расход выходящей влаги и воздуха. Далее будет подробно описана обработка данных и расчеты [1].

Данные, полученные в ходе экспериментов, были обработаны в Matlab с помощью современной программы. Программа начала работу с импорта данных Excel (данные о весе образца как функции времени). Затем рассчитывались энтальпия, энтропия, эксергия и эффективность эксергии при температуре тыквы 65 °C. Изменение энтальпии тыквы было измерено, чтобы определить время, необходимое для достижения максимального значения энтальпии, и характеристики кривой. Это количество энергии, передаваемое потоком горячего воздуха твердому телу, необходимое для удаления влаги. На рис. 1 и 2 показано поведение входной и выходной энтальпии со временем для тыквы, соответственно [1].

С помощью рис. 1, можно определить, что энтальпия тыквы увеличивается со временем в соответствии с соответствующим повышением их температуры. Для тыквы до 75 мин и 40 мин, соответственно, выходная энтальпия в случае обоих овощей достигает максимума, очень близкого к входному значению, и остается постоянной до конца процесса. Следовательно, значения ΔH, показанные на рис. 2 для тыквы, соответственно, уменьшаются. Такое поведение объясняется снижением общей энтальпии в системе, или, другими словами, снижением эффективной теплопередачи потока горячего воздуха к высушенному продукту. Это происходит потому, что после контакта с горячим воздухом его температура достигает равновесного состояния.

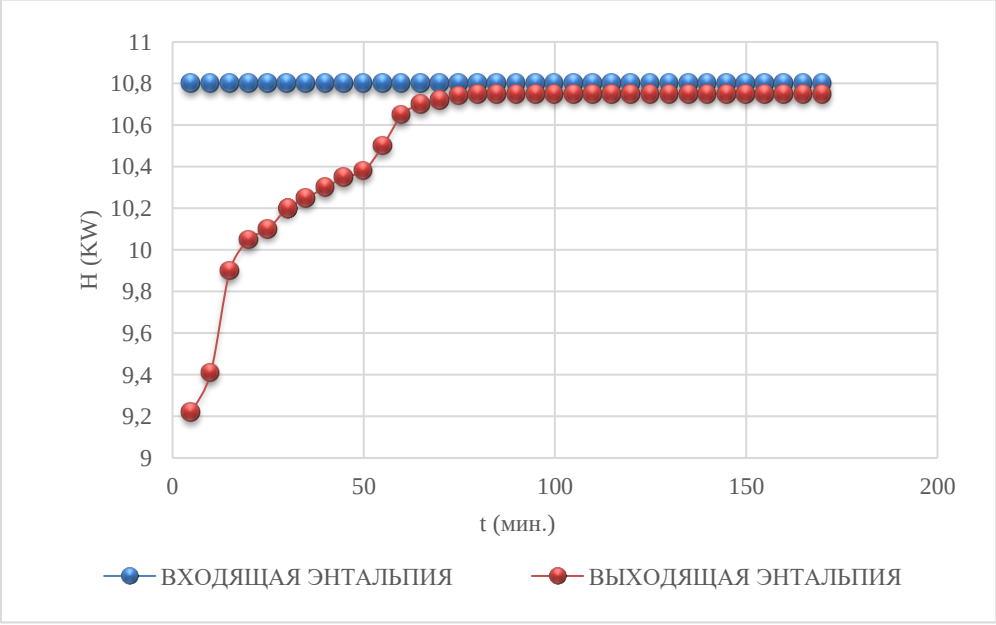


Рисунок 1. H-энтальпия тыквы при 65 °C и скорости 1,0 м/с

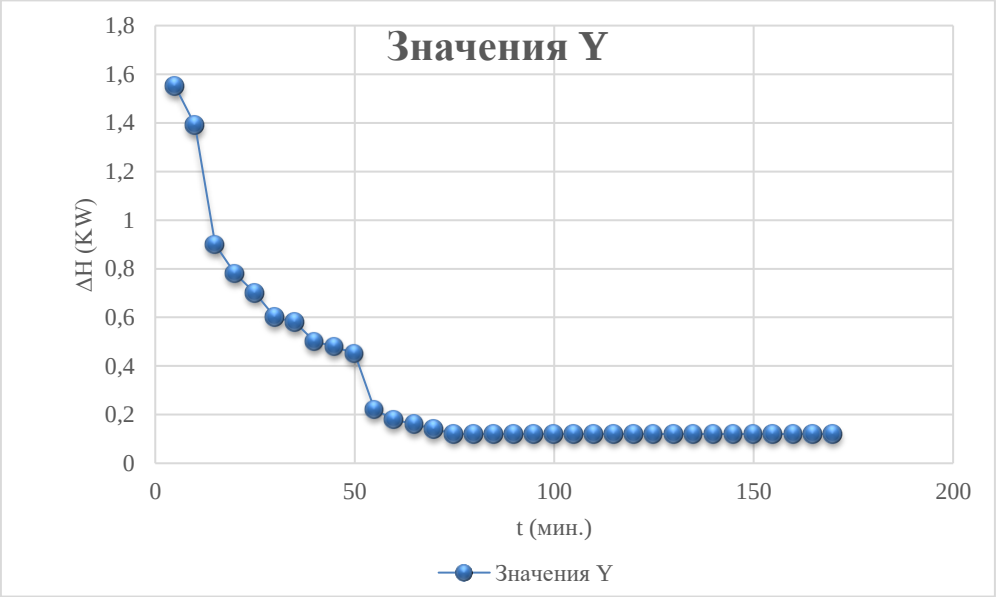


Рисунок 2. ΔH-энтальпия тыквы при 65 °C и скорости 1,0 м/с

При этом равновесии температура влажной поверхности твердого тела совпадает с температурой влажного термометра осушающего воздуха, и именно здесь достигается точка максимальной энтальпии, поскольку достигнуто критическое содержание влаги. Затем, по мере уменьшения содержания влаги и высыхания влаги на поверхности (испарение), а не влаги внутри нее, поднимающейся к поверхности высушиваемого материала (массоперенос), энтальпия остается постоянной, поскольку материал достигает равновесия с условиями сушки [2].

Результаты исследования энтропии. Затем рассчитывается зависимость энтропии от времени, как показано на рис. 3 и 4, где ее поведение аналогично изменению энтальпии со временем.

Энтропия рассчитывается потому, что она используется для измерения степени беспорядка в процессе и позволяет нам различать полезную энергию, то есть ту, которая полностью преобразуется в работу, и бесполезную энергию, которая теряется в окружающей среде. Получив это значение и энтальпию, мы рассчитаем эксергию системы.

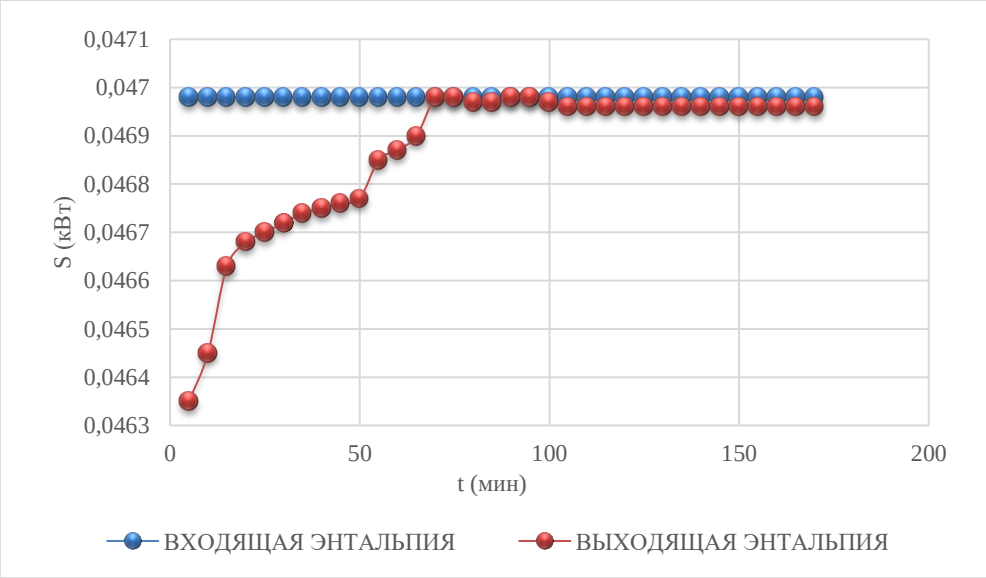


Рисунок 3. S-энтропия тыквы при 65 °C

Важно помнить, что энтропия, рассчитанная на выходе из сушилки, значительно возрастает не только за счет изменения температуры, но и за счет увеличения потока влаги в паровой фазе, содержащейся в потоке горячего воздуха, вследствие испарения влаги из твердых частиц. По этой причине для обоих овощей существует небольшой этап, на котором выходная энтропия незначительно увеличивается по отношению к входной (рис. 3). В результате этой особенности можно заметить, что ΔS системы немного уменьшается (рис. 4).

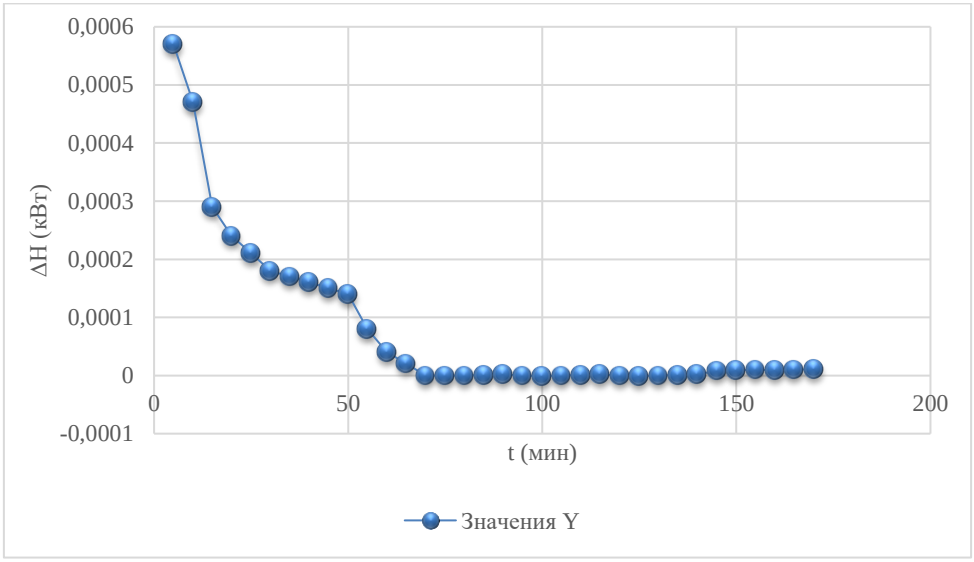


Рисунок 4. ΔS-энтропия как функция времени тыквы при 65 °C

Результаты исследования эксергии. Затем рассчитывается изменение E_x в зависимости от времени. Расчет эксергии во времени показывает качество энергии и момент, когда достигается максимальная эксергия (максимальное качество энергии). Расчет эксергии, соответствующий рис. 5, представляет собой прямую зависимость рис. 1 от энтальпии и рис. 3 от энтропии, соответственно. Таким образом, тыква на минуте 70 начинает оставаться немного постоянной вблизи своего максимального значения эксергии [3].

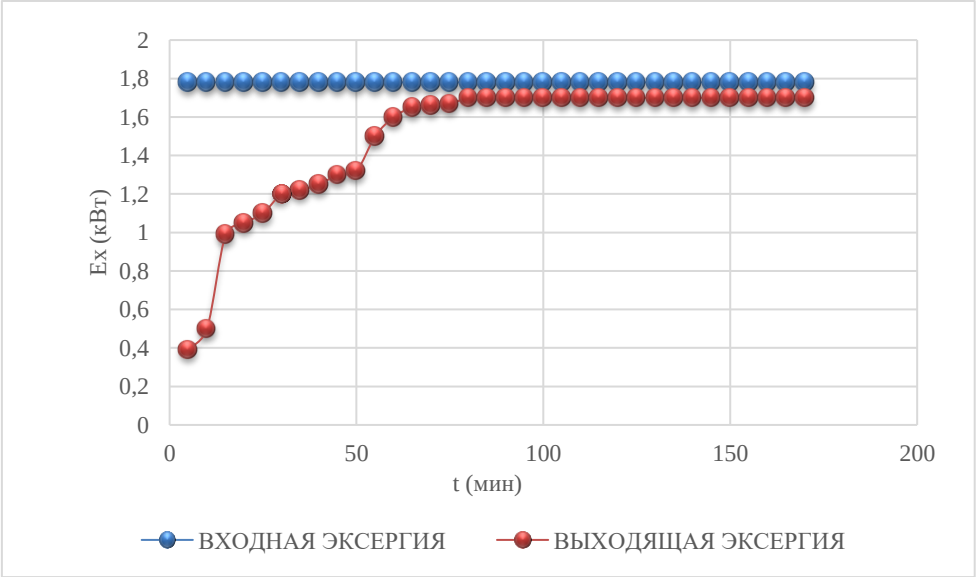


Рисунок 5. E_x - зависимость эксергии тыквы от времени при 65 °C

Изменение эксергетической эффективности в зависимости от времени. Затем рассчитывается изменение эффективности использования энергии с течением времени, чтобы определить, на каких этапах можно улучшить материал и условия сушки, чтобы постепенно устранить необратимость процесса и повысить степень использования имеющейся энергии в полезную энергию. На рис. 6 показано поведение второго закона эффективности или эффективности эксергии в процессе сушки тыквы. Для построения кривых использовалась полиномиальная аппроксимация четвертого порядка, чтобы лучше понять тенденцию изменения ψ, поскольку данные о скорости испарения содержат много экспериментального шума [4, 5].

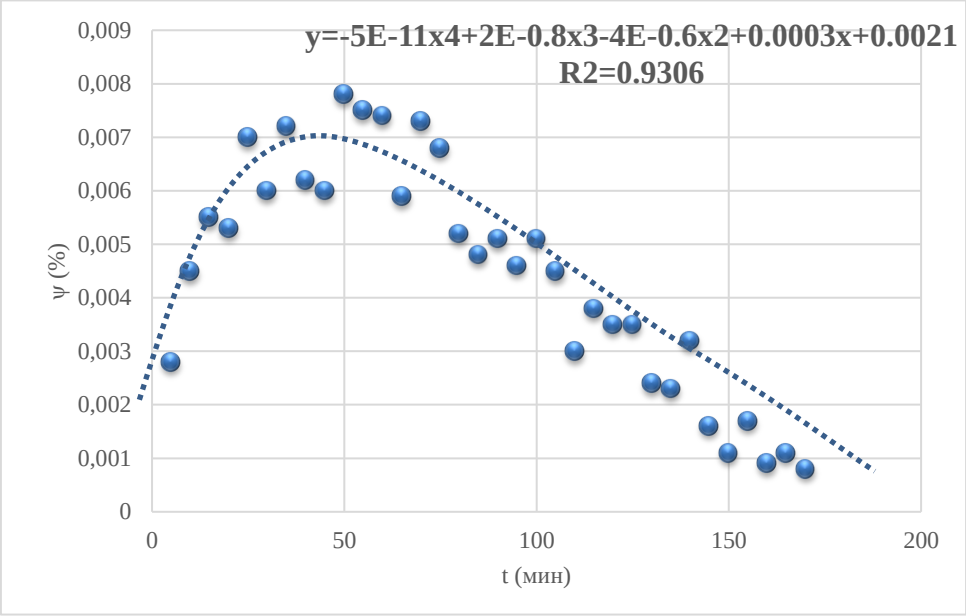


Рисунок 6. Поведение ψ в зависимости от времени тыквы при 65 °C

Максимальное значение кривой эффективности соответствует максимальному значению, которое можно наблюдать на кривых скорости сушки. Это максимальное значение представляет собой точку, в которой имеющаяся энергия наилучшим образом используется для удаления влаги из твердого тела. По этой причине при уменьшении скорости сушки доступная энергия начинает использоваться меньше. Это также можно сделать, дополнительно проследив за эксергетическими показателями рис. 6 [6-8].

Выводы. Проанализировав условия и оборудование с помощью теории, было установлено, что увеличение массового расхода твердого вещества снижает эксергию. Увеличение массового расхода входящего воздуха не оказывает существенного влияния на эксергию, поэтому для повышения эффективности эксергии следует использовать и рассчитывать оптимальный расход. Эксергия увеличивается при увеличении массы высушиваемого твердого вещества, поэтому, поскольку данный эксперимент проводился на пилотной сушилке, использующей очень большие потоки воздуха по отношению к испаряемой влаге, были получены низкие значения эксергетической эффективности. Однако при проектировании промышленной сушилки необходимо учитывать соответствующее соотношение между расходом воздуха и испаряемой влагой для более эффективного использования имеющейся энергии. При повышении температуры входящего воздуха для сушки эксергия уменьшается, поскольку больше энергии расходуется на нагрев входящего воздуха. Из энергетического анализа процессов сушки тыквы можно сделать вывод, что контролируемые переменные могут повысить эффективность использования энергии, например, путем изменения соотношения потоков и адекватного контроля температуры.

Список литературы:

1. Понасенко А.С., Самандаров Д.И., Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э. Разработка технологии сушки растительного сырья. // Universum: технические науки. –Москва, 2022. №12(105), часть 2. С.33-37.
2. Darıcı S., Sen S. Experimental investigation of convective drying kinetics of kiwi under different conditions. Heat Mass Transfer, 51, 2015. P.1167-1176.
3. Джураев Х.Ф., Артыков А.А., Додаев К.А. Интенсификация процесса тепло- и массообмена при комплексной переработке сельхозсырья. //Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. № 11. С. 47-49.
4. Karim M.A., Hawlader M.N.A. Mathematical modelling and experimental investigation of tropical fruits drying. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2016. 48(23): 4914-4925.
5. Midilli A., Kucuk H., Yapar Z. A new model for single layer drying. Drying Technology, 20(7):1503-1513.
6. Понасенко А.С., Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э. Результаты экспериментальных исследований процесса сушки. // Universum: технические науки. –Москва, 2023. №5(110), часть 3. С.36-39.
7. Karim M.A., Hawlader M.N. Mathematical modelling and experimental investigation of tropical fruits drying. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2016. 48(23): 4914-4925.
8. Ольшанский А.И. Исследование кинетики тепловлагообмена при термической обработке и сушке тонких влажных теплоизоляционных материалов / А.И.Ольшанский, А.Н.Голубев // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. Объединений СНГ. 2023. Т. 66, № 1. С. 66–79.

DOI - 10.32743/UniTech.2024.118.1.16667

ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ КОКОНОВ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА

Самандаров Достон Ишмухаммат угли
PhD, зав. кафедрой, Машиностроительный факультет,
Ташкентский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: ishmuxammedovich@mail.ru

Султанова Шахноза Абдувахитовна
исполнительный директор, д-р техн. наук, профессор,
Белорусско-Узбекский межотраслевой институт
прикладных технических квалификаций
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: sh.sultanova@yahoo.com

Сафаров Жасур Эсиргапович
д-р техн. наук, профессор,
Ташкентский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: jasursafarov@yahoo.com

RESEARCH OF COMBINED DRYING OF MULBERRY SILKWORM COCOONS

Doston Samandarov
PhD, Head of Department,
Faculty of Machine building,
Tashkent State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Shakhnoza Sultanova
Executive Director, DSc, associate professor,
Belarusian-Uzbek Interindustry Institute
of Applied Technical Qualifications,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Jasur Safarov
DSc, prof.,
Tashkent State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Целью данного исследования было изучение процесса сушки коконов тутового шелкопряда с помощью ИК-излучения и ультразвука. Эксперименты проводились при температурах 60, 70 и 80 °C при мощности ультразвука 140 Вт. Образцы с начальным содержанием влаги 67% высушивались до достижения конечного содержания влаги 12% сухого вещества. Результаты показывают, что в начале сушка имела короткий период ускорения скорости, за которым во всех случаях следовал период снижения скорости. Также была проанализирована связь между содержанием влаги и временем сушки методом нелинейной регрессии с использованием модели уравнения сушки тонкого слоя. Для этого были использованы 6 существующих уравнений для прогнозирования соотношения влажности: Льюис, Пейдж, Хендерсон и Пебис, Ван и Сингх, Мидилли, Верма и др. Данные об изменении соотношения влажности, полученные в ходе эксперимента, сравнивались с предсказанными значениями уравнения, затем использовались коэффициент детерминации (R^2) и квадратный корень средней квадратичной ошибки ($RMSE$), а также значение сокращения хи-квадрат (χ^2), указывающее на предсказательную способность уравнения.

Библиографическое описание: Самандаров Д.И., Султанова Ш.А., Сафаров Ж.Э. ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ КОКОНОВ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2024. 1(118). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16667*

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the drying process of mulberry silkworm cocoons using IR radiation and ultrasound. The experiments were conducted at temperatures of 60, 70 and 80 °C at 140 W ultrasound power. Samples with an initial moisture content of 67% were dried until a final moisture content of 12% DS was reached. The results show that the drying initially had a short period of rate acceleration followed by a period of rate reduction in all cases. The relationship between moisture content and drying time was also analysed by non-linear regression using a thin layer drying equation model. For this purpose, 6 existing equations for predicting moisture content ratio were used, Lewis, Page, Henderson and Pebis, Wang and Singh, Midilli, Verma, etc. The moisture ratio change data obtained from the experiment were compared with the predicted values of the equation, then the coefficient of determination (R^2) and the square root of mean square error ($RMSE$) and the chi-square reduction value (χ^2) were used, indicating the predictive ability of the equation.

Ключевые слова: математические модели, кокон, ИК-излучение, ультразвук, влажность, сухой субстрат, температура, скорость сушки, прогнозирование, содержание влаги.

Keywords: mathematical models, cocoon, IR, ultrasound, moisture, dry substrate, temperature, drying rate, prediction, moisture content.

Тутовый шелкопряд, питающийся листьями тутового дерева, имеет научное название *Bombyx mori* из семейства *Bombycidae*. Тутовый шелкопряд - насекомое с полным метаморфозом, разделенное на 4 основные стадии роста: яйцо, личинка, куколка, а бабочки питаются только гусеницами. Пищей тутового шелкопряда являются листья тутового дерева [1].

В нашей стране фермеры, выращивающие тутового шелкопряда, собирают коконы и быстро нанизывают их для первичной переработки, чтобы умерщвлять и высушить, пока куколка тутового шелкопряда не превратилась в бабочку и не вылетела из кокона, в результате чего кокон становится непригодным для использования или снижается его качество (рис. 1) [2].

Математические модели сушки пористых материалов используются для исследования скорости изменения влажности в процессе сушки, что является важным требованием. Тонкослойная сушка - это вид сушки, при котором толщина материала не превышает 3 слоев и сушка происходит в сокращенное время, при котором тепло- и массоперенос не ограничивается определенной областью, а только внешней поверхностью материала. Но он будет происходить и внутри. Их можно разделить на 3 типа: теоретические уравнения, полутеоретические уравнения и эмпирические уравнения.

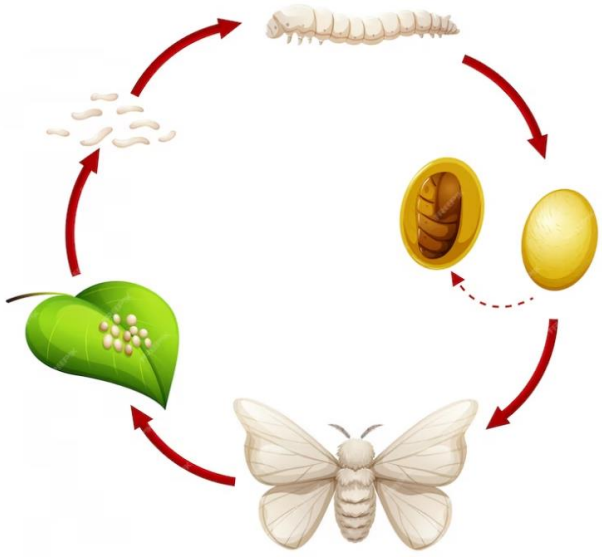


Рисунок 1. Жизненный цикл шелкопряда

Эмпирическое уравнение – это уравнение, полученное путем аппроксимации данных, полученных в ходе экспериментов, уравнением-прототипом. Этот метод считается простым и широко используется. Известным уравнением для сушки сельскохозяйственных и пищевых материалов является модель Пейджа, разработанная в 1949 году. и развитая из модели Льюиса следующим образом [3]

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} = exp(-kt^n) \quad (1)$$

Константа модели Пейджа (n) может быть найдена из Наклон линии k - это точка, в которой пересекается линия, когда t равно нулю, то есть при log 1 на логарифмических графиках, и имеет единицы времени - 1 в соответствии с единичным значением t, эта константа сушки определяет время сушки. Если значение k велико, это означает, что время сушки мало. Константа n не имеет единицы измерения. Эмпирическая модель представлена в табл. 1 [4].

Таблица 1.

Математические модели тонкослойной сушки

№	Название уравнения	Уравнения
1.	Льюис	$MR = exp(-kt)$
2.	Пейдж	$MR = exp(-kt^n)$
3.	Хендерсон и Пебис	$MR = aexp(-kt)$
4.	Ван и Сингх	$MR = 1 + at + bt^2$
5.	Мидилли	$MR = a\,exp(-kt^n) + bt$
6.	Верма и др.	$MR = aexp(-kt) + (1-a)exp(-gt)$

где MR – безразмерный коэффициент влажности, Mt – значение влажности в любой момент времени, M_e – равновесное значение влажности, M_i – начальное значение влажности, t – время сушки, a, k, k_0, k_1, a, b, c, d, n – константы уравнения.

Валидация модели сушки обычно используется для оценки совместимости модели с данными, полученными в ходе эксперимента, или гармонии (согласованности) модели, параметры, которые обычно используются Коэффициент детерминации (R^2), квадратный корень из среднеквадратичной ошибки ($RMSE$) и сокращенный хи-квадрат (χ^2) являются статистическими параметрами, которые помогают в сравнении точности. Для прогнозирования изменений содержания влаги в процессе сушки значение R^2 является статистическим параметром, который важен для определения качества формы уравнения в математической модели. Значения, близкие к 1,0, указывают на высокую точность модели, в то время как значения χ^2 и $RMSE$ являются более показательными. Таким образом, математическая модель, обладающая надлежащей точностью прогнозирования, должна иметь высокое значение R^2, χ^2 и низкое значение $RMSE$. Агбашло и др. предложили уравнения для расчета значений R^2, χ^2 и $RMSE$ следующим образом [5].

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2}{\sum_{i=1}^{N}(\overline{MR}pre - MR_{exp,i})} \quad (2)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N-z} \quad (3)$$

$$RMSE = \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

где $MR_{exp,i}$ – экспериментальный коэффициент влажности; $MR_{pre,i}$ – коэффициент влажности, рассчитанный по модели; $\overline{MR}_{pre}$ – средний коэффициент влажности, рассчитанный по прогнозу модели; N – количество данных эксперимента; z – количество констант в уравнении.

Коэффициент диффузии влаги и энергия активации. Диффузия влаги - это распространение влаги в материале во время сушки. будет происходить во время сушки в период, когда скорость сушки уменьшается. Она может быть определена из уравнения диффузии с помощью второго закона Фика при условии, что коэффициент диффузии влаги остается постоянным в течение всего времени сушки. А для коротких материалов цилиндрической формы он может быть рассчитан по уравнению (5) [6].

$$MR = \left(\frac{8r^2}{l^2}\right)\sum_{i=1}^{\infty}\sum_{j=1}^{\infty}\frac{1}{\lambda_i^2\beta_j^2}exp\left(-\left(\lambda_i^2+\beta_j^2\right)\frac{D_{eff}t}{r^2}\right) \quad (5)$$

где D_{eff} – коэффициент диффузии влаги (м^2 с$^{-1}$), r – радиальное расстояние кокона (м), l – длина кокона (м), t – время сушки (с), λ_i – характеристика функции Бесселя нулевого порядка (2,405, 5,520, 8,564), i – порядок функции (1, 2, 3 ... n).

$$\beta_j = \frac{(2j-1)\pi r}{2l}, j = 1, 2, 3 \quad (6)$$

В уравнении (5) бесконечное число членов. Для солнечной сушки требуется длительное время Следовательно, значение можно оценить, рассматривая только первый член. Уравнение может быть переписано следующим образом [7].

$$MR = \frac{32}{\lambda_1^2\pi^2}exp\left(-\left(\lambda_i^2+\beta_j^2\right)\frac{D_{eff}t}{r^2}\right) \quad (7)$$

$$lnMR = ln\left(\frac{32}{\lambda_1^2\pi^2}\right) - \left(\left(\lambda_i^2+\beta_j^2\right)\frac{D_{eff}t}{r^2}\right) \quad (8)$$

Из уравнения (8) значение D_{eff} кокона можно рассчитать по величине наклона прямолинейного графика, который представляет собой зависимость между $ln(MR)$ и временем сушки (t).

$$\text{Наклон} = \frac{(5.7831+\beta_1^2)D_{eff}}{r^2} \quad (9)$$

Зная значение D_{eff} и температуру воздуха, используемого для сушки, можно найти значение энергии активации диффузии, используя уравнение Аррениуса, которое имеет вид [8]

$$D_{eff} = D_0 exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (10)$$

где D_0 – постоянная величина, эквивалентная эффективному коэффициенту диффузии влаги при бесконечно высокой температуре воздуха (мм^2/мин); E_a – энергия активации сушки горячим воздухом (кДж/кг); R – газовая постоянная (8,314 кДж/кмоль К); T – температура воздуха, используемого для сушки (K).

Результаты исследования. Для сушки коконов с помощью ИК-излучения и ультразвука были выбраны температуры 60, 70 и 80 °С. Во время сушки масса коконов измерялась каждые 30 минут, а показатели влажности выражались в процентах. На основе полученных результатов были построены кривые сушки в зависимости от времени. Результаты анализа данных по исследованию сушки коконов тутового шелкопряда представлены на следующих 2 и 3 рисунках.

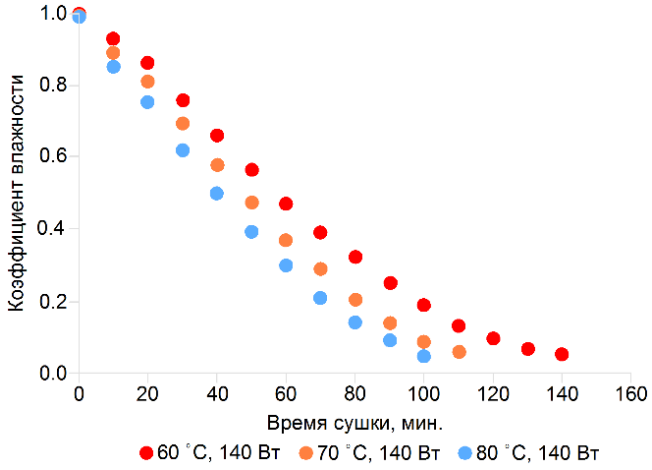


Рисунок 2. Изменение влажности кокона в зависимости от времени во время сушки с помощью ИК и ультразвука

Исходя из рис. 2, можно сделать вывод, что время сушки коконов тутового шелкопряда с помощью ИК и ультразвука уменьшается по мере увеличения температуры. Результаты эксперимента показывают, что наименьшее время сушки наблюдалось при температуре 80 °С, так как содержание влаги в коконах составляло 0,061 соответственно.

Результаты статистического анализа математических моделей для прогнозирования коэффициента сушки для каждого эксперимента при различной температуре представлены на рис. 3. В исследовании использовались такие математические модели, как Льюис, Пейдж, Хендерсон и Пебис, Ван и Сингх, Мидилли, Верма и др. По результатам статистического анализа, представленным в табл. 1, математическая модель Мидилли была способна предсказать соотношение содержания влаги в коконах при ИК-сушке, которая имеет самые высокие R^2, $RMSE$ и самое низкое значение χ^2.

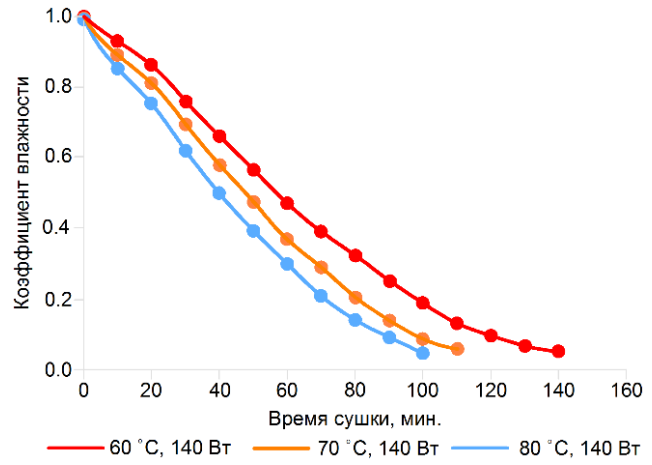


Рисунок 3. Сравнение значений влажности по прогнозу модели Мидилли с экспериментальными значениями

Выводы. В данном исследовании были проведены теоретические и практические исследования по сушке коконов тутового шелкопряда. По результатам исследования эффективности сушки и качества шелка следует выбрать использование инфракрасного излучения при температуре 80 °C и мощности ультразвука 140 Вт. Экспериментальные данные были подогнаны к шести математическим моделям, среди них модель Мидилли лучше всего описывала кривые сушки. Было установлено, что общий эффективный коэффициент диффузии и скорость сушки варьировались от $1{,}847\times10^{-9}$ до $4{,}339\times10^{-9}$ м^2/с и 0,32 0,79 кг воды /час соответственно.

Список литературы:

1. Сафаров Ж.Э., Самандаров Д.И. Исследование процесса переработки живых коконов тутового шелкопряда. // Universum: технические науки. –Москва, 2019. №7 (64). С.21-23.
2. https://uzbekipaksanoat.uz/uz/index.php.
3. Feng Y. et al. Modeling and analysis of heat and mass transfers of supercritical hydrocarbon fuel with pyrolysis in mini-channel. Int J Heat Mass Tran 91. 2015. pp. 520-531.
4. Абхижит Тараваде. Математический расчет процесса сушки плодов тутовника конвективно-инфракрасным способом. // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. –Ташкент. 2022. Спец.выпуск. С.333-340.
5. Aghbashlo M., Kianmehr M.H., Arabhosseini A. Modeling of thin-layer drying of potato slices in length of continuous band dryer. Energy Conversion and Management. 2009. (50). pp. 1348–1355.
6. Usub T., Lertsatitthankorn C., Poomsa-ad N., Wiset L., Siriamornpun S., Soponronnarit S.Thin layer solar drying characteristics of silkworm pupae. Food and Bioproducts Processing. 2010. (88). pp. 149–160.
7. Розенберг Л.Д. Источники мощного ультразвука. –М.: Наука, 1969. 380 с.
8. Onwude D.I., Hashim N., Abdan K., Janius R., Chen G. The effectiveness of combined infrared and hot-air drying strategies for sweet potato. Journal of Food Engineering. 2019. (241). pp. 75–87.

DOI - 10.32743/UniTech.2024.118.1.16714

ФОРМИРОВАНИЕ АКТА О ЗАЧИСТКЕ ПРИ ОБОЙНОМ ПОМОЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММ MATLAB

Сарболаев Фаррухбек Набиевич
ст. преподаватель
кафедры Технологии пищевых продуктов,
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: sarbolayev_f@mail.ru

Миралимова Азиза Исамутдиновна
ст. преподаватель
кафедры Технологии пищевых продуктов,
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Исломова Фарида Камилджановна
ст. преподаватель,
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Эргашев Гиесжон Жураевич
ст. преподаватель,
Международная исламская академия ,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

FORMATION OF A STRIPPING ACT DURING WALLPAPER GRINDING USING THE CAPABILITIES OF MATLAB PROGRAMS

Farrukhbek Sarbolayev
Senior lecturer
of the Department of Food Technology
Tashkent chemical-technological institute,
Uzbekistan, Tashkent

Aziza Miralimova
Senior lecturer
of the Department of Food Technology,
Tashkent chemical-technological institute,
Uzbekistan, Tashkent

Farida Islamova
Senior lecturer
of the Tashkent chemical-technological institute,
Uzbekistan, Tashkent

Giyasjon Ergashev
Senior lecturer
of the International Islamic Academy,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В данной работе программный расчет, акт о зачистке производственного корпуса и результатах переработки зерна при обойном помоле были реализованы в пакете моделирования динамических систем Simulink программы Matlab. В результате расчеты можно выполнять быстро на основе программного обеспечения. Это предоставляет пользователю возможность легко, оперативно и точно выполнять расчеты на предприятии.

Библиографическое описание: ФОРМИРОВАНИЕ АКТ О ЗАЧИСТКЕ ПРИ ОБОЙНОМ ПОМОЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММ MATLAB // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Сарболаев Ф.Н. [и др.]. 2024. 1(118). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16714*

ABSTRACT

In this work, the software calculation of the act of cleaning the production building and the results of grain processing during wallpaper grinding was implemented in the Simulink dynamic systems modeling package of the Matlab program. As a result, calculations can be performed quickly based on software. This provides the user with the ability to perform enterprise calculations easily, quickly and accurately.

Ключевые слова: обойный помол, производственно-технологическая лаборатория, влажность, сорной и зерновой примеси, форма № 117, Матлаб, Simulink.

Keywords: wallpaper grinding, production and technological laboratory, humidity, weeds and grain impurities, form №. 117, Matlab, Simulink.

Сегодня усиливается интеграция развития науки и техники, расширяется использование ее преимуществ. В результате производственные предприятия имеют возможность наглядно видеть и рассчитывать расход потребляемого и производимого сырья и продукции в режиме реального времени. В том числе на зерноперерабатывающих предприятиях, осуществляется эффективное использование таких возможностей [1].

Полная зачистка производственного корпуса мукомольных и крупяных предприятий производится по окончании каждого месяца комиссией, в составе которой должны быть главный инженер, главный бухгалтер, руководители производства и ПТЛ, материально-ответственные лица элеваторов, зернового склада и готовой продукции и др. До начала зачистки должна быть обеспечена полная переработка зерна (сырья), переданного в производственный цех последней рабочей смене, после которой назначена зачистка. Если до окончания полной зачистки производится подача зерна (сырья) для следующей рабочей смены, которая вступит на работу после зачистки корпуса, то отпускаемое для этой смены зерно (сырье) должно направляться в отдельные закрома с обособленной регистрацией отвесов в весовом журнале, не допуская смешивания с зерном (сырьем), использованным предыдущей сменой до зачистки. Перед зачисткой вся выработанная за последнюю смену продукция должна быть полностью передана на склад. Не допускается наличие в производственном корпусе каких-либо остатков продукции, зернопродуктов и отходов. В исключительных случаях, когда по условиям ведения технологического процесса приемные помещения сырья в производственном корпусе (закрома, силосы, бункера и т. п.) не могут быть полностью освобождены от остатков сырья (на комбикормовых цехах), их вес устанавливается комиссией путем взвешивания в установленном порядке.

По результатам зачистки составляется акт о зачистке производственного корпуса (форма № 117), в котором обязательно указываются масса принятого зерна в переработку, масса полученной основной продукции, кормовых зернопродуктов и отходов, фактическая усушка (увлажнение). Расчетный выход продукции определяется ПТЛ предприятия [2].

В акте зачистки указываются также данные о качестве сырья до и после очистки, о качестве продукции и о выработке нестандартной продукции. Сведения о выработке нестандартной продукции приводятся на основании первичных документов. Подработанная нестандартная продукция не включается в объем выработки и соответственно в акте зачистки не отражается.

Учитывая принятые выше технические решения, ниже мы рассмотрим на основе примере теоретическую и практическую часть работы(рис. 1, 2), выполненную при обойном помоле муки. При обойных помолах пшеницы и ржи расчет выхода продукции по всем показателям качества осуществляется по методике, аналогичной сортовым помолам ржи.

Пример. Рассчитать выход продукции при обойном помоле ржи. Выход муки 95%, отрубей 2%. Влажность зерна до очистки 12,46%. Средневзвешенная влажность продукции 11,78%. Зерновая примесь и мелкое зерно 3,84%, сорная примесь 0,69% [3].

а) По влажности

Из исходных данных следует, что произошла усушка, которую рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{(12{,}46 - 11{,}78) \cdot 100}{100 - 11{,}78} = 0{,}77\%$$

Полученная величина фактической усушки выше базисной нормы 0,3% на 0,47% (0,77 – 0,3), т. е. выход муки и отрубей уменьшают. Производят скидку с общего выхода муки и отрубей (97%) из расчета 1,0% за каждый процент фактической усушки (приложение 8).

Суммарная скидка 0,47 · 1 = 0,47%, в том числе:

мука обойная $\frac{(0{,}47 \cdot 95)}{97} = 0{,}46\%$

отруби $\frac{(0{,}47 \cdot 2)}{97} = 0{,}01\%$

Соответственно величина усушки увеличивается на 0,47%.

б) По сорной примеси

За каждый процент сорной примеси более базиса (1%) норма выхода муки и отрубей уменьшается на 1% за счет изменения выхода кормового зернопродукта. В нашем примере сорная примесь составляет 0,69%, т. е. ниже базиса, следовательно, корректировка выхода не производится.

в) По зерновой примеси

В рассматриваемом примере содержание зерновой примеси и мелкого зерна составляет 3,84%. При базисе для зерновой примеси 1,0% суммарная скидка с муки и отрубей составит:

(3.84-1.0)*0.25=0.71%

в том числе:

для муки $\frac{(0{,}71 \cdot 95)}{97} = 0{,}70\%$

для отрубей $\frac{(0{,}71 \cdot 2)}{97} = 0{,}01\%$

Соответственно выход кормового зернопродукта увеличивается на 0,71%. Полный расчет выхода продукции в % приведен в форме № ЗПП-117.

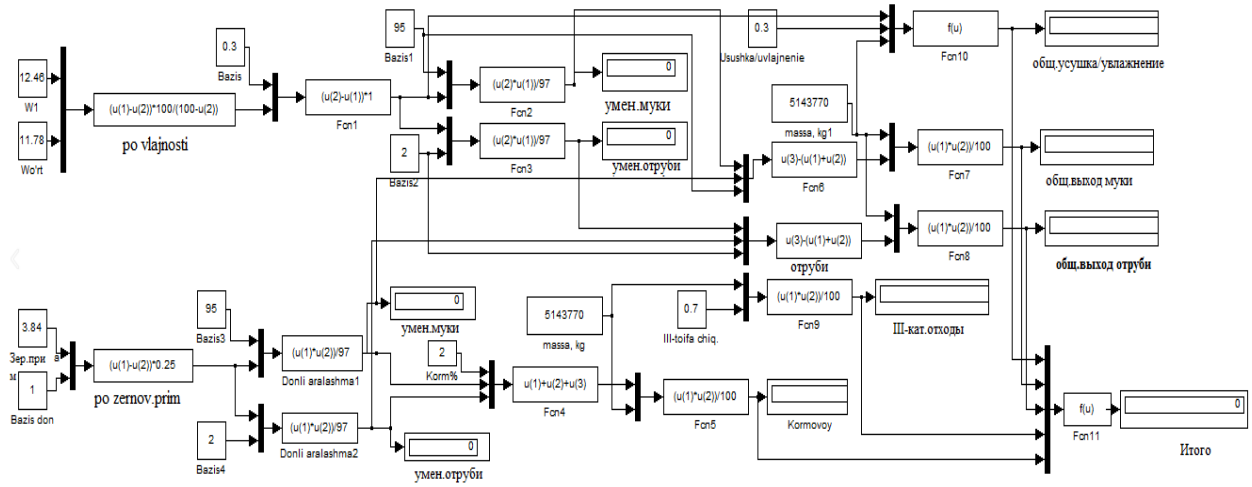


Рисунок 1. Состояние динамической модели Simulink перед запуском

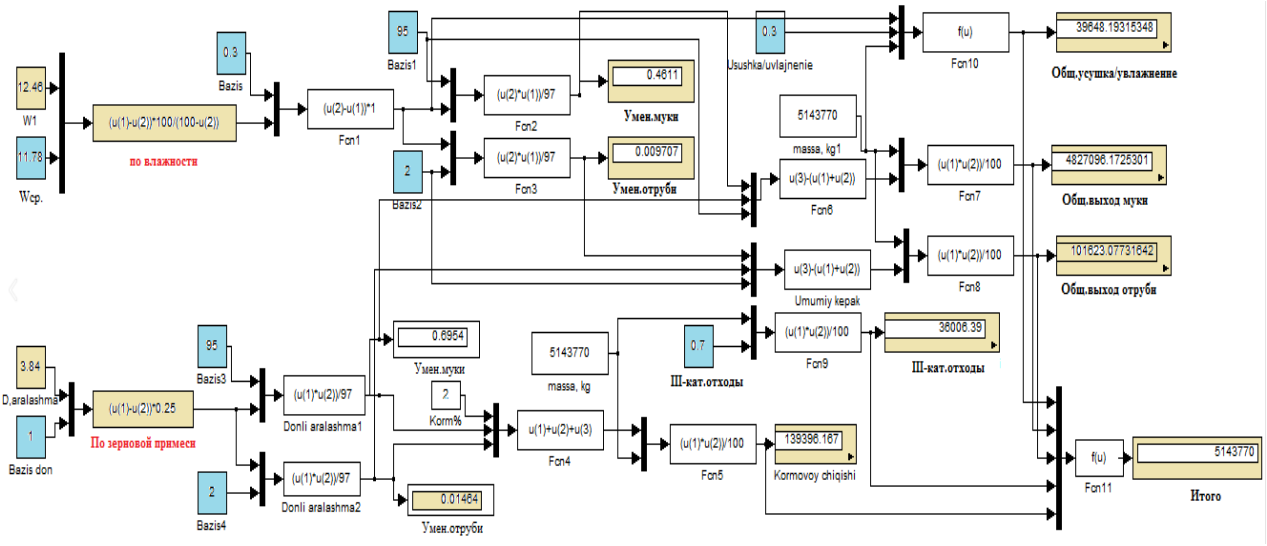


Рисунок 2. Состояние динамической модели Simulink после запуском

MATLAB является высокопроизводительным языком для технических расчетов. Он включает в себя вычисления, визуализацию и программирование в удобной среде, где задачи и решения выражаются в форме близкой к математической. В состав системы MATLAB входит пакет SIMULINK. Он предназначен для моделирования динамических систем, модели которых составляются из отдельных блоков[4].

С помощью данной программы с учетом теоретических аспектов составления документа по очистке производственного корпуса по результатам очистки была собрана структурная схема, полностью описывающая процесс посредством пакета моделирования динамических систем Simulink пакета программа Matlab. Сходство полученной компьютерной модели было проверено на соответствие реальному процессу.

Предложенная программа используется для расчета отчета о результатах обработки зерна и очистки производственного корпуса при обойном помоле.

Список литературы:

1. Сарболаев Фаррухбек Набиевич, Махмудова Дилдора Хасановна, Умарова Шохида Сайпулла Қизи Использование возможностей программы matlab при составлении помольных партий зерна // Universum: технические науки. 2022. №2-5 (95). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-vozmozhnostey-programmy-matlab-pri-sostavlenii-pomolnyh-partiy-zerna.
2. https://lex.uz/docs/1004594
3. Рекомендации по организации и ведению технологического процесса на мукомольных предприятиях. Издание второе, дополненное. —М.: ТД ДеЛи, 2020. — 368 с. ISBN 978-5-6043843-2-9
4. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Мухутдинов Т.А. Обучение имитационному моделированию в пакете Simulink системы Matlab // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obuchenie-imitatsionnomu-modelirovaniyu-v-pakete-simulink-sistemy-matlab.

DOI - 10.32743/UniTech.2024.118.1.16653

НАУЧНАЯ СУЩНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ В ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ МЕЛЬНИЦЫ

Холмуродова Зубайда Диёровна
доцент,
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши

Эшкобилова Мохира Шерматовна
ст. преподаватель,
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: proficient.mokhira@mail.ru

THE SCIENTIFIC ESSENCE OF APPLYING MODERN TECHNOLOGIES FOR CLEANING WHEAT GRAIN IN THE GRAIN CLEANING SECTION OF A MILL

Zubaida Kholmurodova
Associate Professor,
Karshi Engineering and Economic Institute,
Republic of Uzbekistan, Karshi

Mohira Eshkobilova
Lecturer,
Karshi Engineering and Economic Institute,
Republic of Uzbekistan, Karshi

АННОТАЦИЯ

В статье описаны особенности разделения зерновых смесей в сепараторах различных типов. Цифровизации в зерноперерабатывающей промышленности позволяют разрабатывать математические модели сепарирующих систем массового обслуживания. Разработаны алгоритмы анализа физических характеристик зерновой массы. Исследование продуктов переработки пшеницы базировалось на анализе размолотого зерна методами компьютерного зрения и искусственными нейронными сетями разработанными программными средствами. Сформированная классификация частиц помола зерна по геометрическим свойствам позволяет прогнозировать технологические характеристики качества пшеницы, в частности, показатель ее твердозерности с высокой точностью (погрешность оценки не более 3,7 %).

ABSTRACT

The article describes the features of separation of grain mixtures in separators of various types. Digitalization in the grain processing industry makes it possible to develop mathematical models of separating queuing systems. The current study introduces algorithms for analyzing the physical characteristics of the grain mass. The study of wheat processing products is based on the analysis of ground grain by computer vision methods and artificial neural networks. The formed classification of grain grinding particles based on geometrical properties makes it possible to predict the technological characteristics of wheat quality with high accuracy, in particular the grain hardness (the estimation error is no more than 3.7%).

Ключевые слова: зерно, пшеница, переработка зерна.
Keywords: grain, wheat, grain processing.

Введение. В странах Евросоюза наблюдается высокая зависимость посевов зерновых культур от погодных условий года. Так, в Узбекистан в 2020 году собрано 8 млн 500 тонн [1].

Это на 12,5 % меньше по сравнению с 2021 годом, что объясняется сокращением посевов фермерами и кластерами озимой пшеницы после сырой осени 2019 года. Также, низкий сбор пшеницы усугу била последующая засушливая весна. В ближайшее пятилетие аграрии Узбекистан за счет внедрения новых сортов пшеницы и модернизации технологий производства расширят посевные площади на 30 %. Это позволит увеличить выпуск пшениц твердых сортов до 2 млн 158 тонн в год [2].

Библиографическое описание: Эшкобилова М.Ш., Холмуродова З.Д. НАУЧНАЯ СУЩНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ В ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ МЕЛЬНИЦЫ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2024. 1(118). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16653*

Стимуляция выработки твердой пшеницы будет подкреплена субсидированием на федеральном уровне – подготовлен соответствующий проект регламента выделения субсидий на производство такого зерна [3]. Актуальным является цифровизация подбора режима функционирования оборудования при сепарации зерна пшеницы. Важным аспектом увеличения эффективности переработки зерна является разработка моделей технологического процесса сепарации [4].

Современное развитие техники в сфере информационных технологий позволяют модернизировать существующие информационно-измерительные системы переработки зерна и разработать новые за счет разработки алгоритмов анализа физических характеристик зерновой массы [5].

Материалы и методы исследования. Изучали пшеницу 8 сортов Кашкадаринского области, натурный вес которой варьировался от 720 г до 850 г, влажность от 10-11,5 % до 13,5 %, стекловидность от 60 % до 95 %. Характеристика помола. С целью получения образцов размола зерна были проведен пробные помолы зерна на лабораторной мельнице. Размалывалось по 10 кг зерна каждого образца. Помол произведен при пяти драных системах с отбором верхних сходов [4].

Проводили фрактографический анализ частиц помола, с помощью лабораторной установки (цифровая камера SonyIMX, мини-компьютер RaspberryPi4) анализировали изображения частиц созданными программными средствами с использованием библиотек технического зрения OpenCV, библиотек искусственных нейронных сетей Deeplearning4 [1].

Результаты и их обсуждение. Итог разделения зерновых смесей в сепараторе определен двумя видами случайностей. Первая (массовая) характеризуется взаимодействием частиц при высоких концентрациях на сепарирующем органе, одни частицы мешают другим беспрепятственно пройти разделение. Вторая (индивидуальная) обнаруживается при отсутствии массовой случайности, когда сепарируются одиночные частицы при сверхнизкой концентрации зернового потока.

В рамках этого подхода вероятностный результат сепарации естественным образом учитывает влияние обеих составляющих.

При создании моделей сепарирующих систем массового обслуживания необходимо:

- представить рабочий орган в виде параллельно
- последовательной системы сепарирующих элементов (ячеек триеров, отверстий решета, элементарных объемов воздушного канала и т. д.), которые будут выполнять роль каналов (приборов) сепарирующих систем;
- выразить интенсивности входного и выходного потоков зерна через технологические характеристики сепаратора, и в частности через производительность;
- определиться с дисциплиной обслуживания (сепарации) зерновых частиц (заявок) в элементах рабочего органа: очередностью, степенью надежности, терпеливостью, приоритетом и т. д.; описать возможные состояния рабочего органа (на обслуживании нет ни одной зерновки; одна зерновка; две; три и т.д.) [3].

Определенная таким образом модель позволяет стандартными для теории массового обслуживания методами получить уравнения для расчетов вероятностных характеристик сепарирующей системы .

Исследования показали, что результат сепарации естественным образом зависит от индивидуальной и массовой составляющих случайности процесса сепарации. При этом оно предсказывает существование двух групп сепараторов, одна из которых допускает возможность разделения по одной частице, другая - не допускает. К первой группе относятся большинство известных типов сепараторов (воздушные, решетные, электрические, магнитные, оптические и т. д.), а ко второй – только дисковый триер и решетные модули высокой интенсивности, которые отличаются несколько большими размерами отверстий решет, чем сепарируемые частицы.

Кроме того, оно верно отражает известные экспериментальные зависимости качества сепарации от удельной нагрузки и скорости зернового потока, от производительности и т. д. [3].

Необходимо изучить состояние сепарирующей системы, когда ее производительность стремится к нулю, физически представляющее собой сепарацию одиночных частиц, и поэтому требующий использования классических моделей известных сепараторов, т. е. таких моделей, которые не что иное, как известные уравнения динамики. Характер таких уравнений определяется начальными условиями движения, физическими свойствами зерновых частиц, режимами работы сепарирующего органа [5].

Имея достаточную вычислительную мощность, можно для сепараторов различных видов на любых задаваемых режимах рассчитывать вероятность выхода разных компонентов зерновых смесей при сверхнизкой производительности. Таким образом, предлагаемый подход к моделированию позволил для сепараторов самых различных видов практически рассчитать (прогнозировать) гостируемые показатели качества (выход и содержание компонентов смеси во фракциях) на любых заданных режимах работы, включая производительность.

На базе моделей отдельных сепараторов создалась возможность прогнозировать качество разделения смесей в технологических линиях очистки зерна и решать следующие оптимизационные задачи:

- очистка партии зерна (известен состав и содержание компонентов смеси) на жесткой технологической линии (известно число сепараторов, их тип и последовательность установки) в заданных режимах работы каждого сепаратора;

модель ответит - будет ли эта смесь очищена до требований ГОСТа и какой при этом будет выход;

- очистка партии зерна до требований ГОСТа на жесткой технологической линии;

модель определит – все ли сепараторы в этой линии должны работать и на каких режимах, какие фракции основные и какой при этом будет выход, на сколько он больше, чем в базовой линии;

• очистка партии зерна до требований ГОСТа на гибкой технологической линии; модель определит число, тип и последовательность сепараторов в такой линии, основные фракции и режимы работы каждого сепаратора, выход очищенного зерна и превышение по сравнению с базовой линией. Цифровизации в зерноперерабатывающей промышленности включают в себя методы оценки качества зерна по различным физико-химическим показателям.

Так, существуют методики оценки засоренности и стекловидности зерна алгоритмами компьютерного зрения. Для повышения эффективности зерноочистительных машин используют методы отделения примесей от зерна по оптическим свойствам – фотосепарация или фотоочистка. Для фотосепарации используют высокоскоростное сканирование зерновой массы и последующая обработка изображений по заранее заданному алгоритму (отличительному критерию). Зерно может быть отсортировано по размеру, цветовым характеристикам, форме и прочим признакам.

Зерновое сырье в потоке равномерно однослойно распределяется благодаря вибропитателям, что позволяет отсканировать изображение каждой отдельной частицы. Селекция частиц осуществляется с помощью воздушных струй (за счет пневмоэжектора), перенаправляя примеси или некондиционное зерно в резервуар для отходов.

Современные методики фотосепарации позволяет сортировать сырье по целому набору свойств, по отдельности и по совокупности, получая продукт с максимально возможными технологическим свойствами. Дополнительная информация о качестве исследуемого сырья может быть получена при использовании вместо света видимого диапазона инфракрасного или ультрафиолетового освещения зерна.

Различные участки зерна отражают несколько отличные длины волн. Так, эндосперм (его размол) характеризуется большим коэффициентом отражения в ИК-диапазоне по сравнению с зародышем. Цветовой анализ также можно использовать для распределения продуктов переработки зерна по фракциям (по морфологическим признакам частей зерна - зародыш, эндосперм, отруби).

Повысить информативность гранулометрического анализа возможно за счет современных информационных средств. Исследование продуктов переработки пшеницы базировалось на анализе размолотого зерна методами компьютерного зрения (оценка размера и формы частиц) разработанным программным средством.

В практике мукомольной промышленности для классификации зерна часто пользуются показателем его стекловидности, однако данный показатель не в полной мере характеризует мукомольные достоинства у пшениц разных сортов (генотипический фактор).

Изменчивость стекловидности также связана с почвенно-климатическими, агротехническими условиями (фенотипический фактор). Ввиду чего для количественной оценки консистенции и Международный научно-исследовательский журнал ▪ № 1 (113) ▪ Часть 1 ▪ Ноябрь прочностных свойств зерна предлагается пользоваться показателем твердозерности зерна.

Прямые методы определения этого показателя твердомерами трудоемки и потому практически не нашли применения в широкой практике.

В исследованиях пользовались компьютерным зрением и искусственными нейронными сетями для нахождения и классификации частиц помола зерна по геометрическим свойствам. Учитывались характеристики контуров изображений частиц помола.

Алгоритм анализа включает в себя следующие действия: из центров тяжести фигур выделяют отрезки к периметру фигуры, вычисляют средневзвешенное значение их длин (X, в микрометрах) и коэффициент вариации (Y, безразмерная величина).

Совместный учет показателей позволяет прогнозировать некоторые технологические характеристики качества зерна. Анализ образцов 8 сортов пшеницы Кашкадаринский области обнаружил значимые связи с показателем твердозерности (H, в кг/мм²) зерна. Установлена зависимость (погрешность не более 3,2 %) H X Y 0,14 0,25 0,84 (1)

Вывод

На основе полученных математических моделей переработки зерна разработаны программные средства, обеспечивающие повышение прогностической способности качества и оптимизацию сепарации зерна. Выявлены особенности формирования прочностных качеств пшеницы, сформирована методика оценки твердозерности зерна с помощью современных средств цифровизации в зерноперерабатывающей отрасли. Конфликт интересов Не указан. Conflict of Interest None declared.

Список литературы:

1. Федотов В.А. Информационно-измерительная система определения потребительских свойств пшеницы / В.А. Федотов, П.В. Медведев // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 140-145.
2. Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова и др. Под ред. А.П. Нечаева. – СПб.: ГИОРД, 2001. – 592 с.
3. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ (наука и искусство решения проблем): Учебник / Ф.П. Тарасенко. - Томск; Издательство Томского университета, 2004. – 128 с.
4. Медведев П.В. Информационно-измерительные системы управления потребительскими свойствами зерномучных товаров / П.В. Медведев, В.А. Федотов // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд : монография. – Оренбург: ООО «Агентство «Пресса», 2013. – С. 35-51.
5. Медведев П.В. Комплексная оценка потребительских свойств зерна и продуктов его переработки / П.В. Медведев, В.А. Федотов, И.А. Бочкарева // Международный научно-исследовательский журнал. - 2015. - № 7-1 (38). - С. 77-80.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УПАКОВКИ СОКОВ

Чимпайизов Фурқат Нахалович
ассистент,
Джизакский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Джизак
E-mail: Issaqovshokir93@gmail.com

RESEARCH OF MODERN JUICE PACKAGING METHODS

Furqat Chimpayizov
Assistant
Jizzakh Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Jizzakh

АННОТАЦИЯ

В этой статье упомянуты стандарты упаковки фруктов. В настоящее время хорошо изучен метод асептической упаковки сока в небольшие плевелы. Пищевая ценность овощных напитков определяется путем определения количества витаминов, минеральных веществ, пектиновых и красящих веществ, запасающихся в калорийности обычного рациона.

ABSTRACT

In this article, the standards of fruit packaging are mentioned. Currently, the method of aseptically packing juice in small tares is well studied. The nutritional value of vegetable drinks is determined by determining the amount of vitamins, minerals, pectin and coloring substances stored in the caloric content of a normal diet.

Ключевые слова: микрофлора, плесень, дрожжи, консервирование, тепло, вакуум, сок.
Keywords: microflora, mold, yeast, canning, heat, vacuum, juice.

Фруктовые соки обладают высокой активностью, они могут быть средой только для термостойкой микрофлоры – плесени и дрожжей.

Учитывая это, соки иногда наливают в тару в горячем виде. Сок нагревают до 90-95^{0}С в течение 30-40 секунд в теплообменниках непрерывного действия, в горячем виде фасуют в предварительно стерилизованные двух-трехлитровые бутылки и быстро герметично укупоривают. Сок медленно остывает в бутылках, за счет чего достигается эффект стерилизации.

Этот метод неперспективен, поскольку длительное выдерживание в горячем состоянии может стимулировать меланоидиновые реакции. В результате сок приобретает неприятный (переваренный) вкус и темнеет. Эти дефекты могут проявиться не сразу после нагревания, а могут проявиться значительно позже при хранении[1].

Асептическое консервирование. Суть этого метода состоит в том, чтобы нагреть сок до 120-135^{0}С в течение 15-20 секунд, быстро охладить его до 25-30^{0}С и в стерильных условиях разлить в большие стерильные емкости. Нагрев и охлаждение сока осуществляется в трубчатых или пластинчатых теплообменниках непрерывного действия. Сок нельзя подвергать барботажной обработке паром и вакуумному охлаждению (например, в процессе производства томатной пасты), поскольку ароматические компоненты сока уходят в конденсат.

В настоящее время хорошо изучен метод асептической упаковки сока в небольшие плевелы. Асептическое консервирование по схеме, разработанной в НИИ консервной промышленности России, заключается в следующем. Сок поступает в сборник, нагревается до 60-70^{0}С и с помощью насоса пропускается через теплообменное устройство. В этом устройстве сок сначала нагревается, а затем охлаждается. Остывший сок фасуют в жестяные банки с помощью наполнителя, затем укупоривают в укупорочной машине. В оборудовании банки и крышки стерилизуются паром, нагретым в паровом нагревательном устройстве при температуре 210^{0}С. Вода для промывки магистрали поступает из коллектора.

В США для стерилизации пустых флаконов используют нагрев до 1800°С ИК-лучами. При этом тара нагревается изнутри паром. Затем банку обрабатывают холодным стерильным воздухом. При втором методе изнутри тары отсасывают воздух, а затем стерилизуют ее паром при температуре 153^{0}С в течение 1,5-2 секунд.

В молдавском ITI разработана линия производительностью 5-15 т/с. Включает в себя подготовительное оборудование для кратковременной стерилизации фруктово-ягодных соков и пюре и хранения в емкостях в асептических условиях. В этом институте была предложена схема асептического консервирования соков в металлических бочках с предварительной их стерилизацией. Перед упаковкой

Библиографическое описание: Чимпайизов Ф.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УПАКОВКИ СОКОВ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2024. 1(118). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16708*

продукт нагревают до 105-110^{0}C, выдерживают при этой температуре 50-60 секунд и охлаждают до 30^{0}C. Упаковка осуществляется в асептической камере в стерильных условиях [2].

Пищевая ценность овощных напитков определяется путем определения количества витаминов, минеральных веществ, пектиновых и красящих веществ, запасающихся в калорийности обычного рациона. Они обладают рядом лечебных свойств, то есть очень полезны при пищеварении, сахарном диабете, нарушениях кровообращения.

К овощным напиткам относятся: консервированные помидоры, консервированная морковь, свекла и другие овощи.

В состав томатной консервации входят: томат-каша, томатная паста, томат-сардак и томатный сок. В основном их готовят из хорошо созревших и очищенных от семян помидоров.

Томатный напиток. Он занимает одно из первых мест среди растительных напитков благодаря своей высокой пищевой ценности и высокому спросу среди потребителей. Количество растворимых сухих веществ в томатном напитке составляет 4,5 - 6,0%, органических кислот - 0,4 - 0,7%, витамина С 20 – 40 мг% и витаминов группы В.

Томатный напиток производится путем добавления натуральных и соленых специй, а также различных фруктов и овощей.

Подготовка сырья. Для приготовления томатного напитка берут спелые, целые, чистые, здоровые и свежие помидоры. Помидоры отделяют, промывают. Стирка изделия осуществляется в стиральных машинах марок А 9 – КМБ – 12 и А 9 – КМ 6 – 8, установленных последовательно. Овощи делятся на сорта [3].

Подготовленные помидоры измельчают в кофемолке специальной марки и отделяют от семян. На следующем этапе измельченную массу нагревают в трубчатых теплообменниках при температуре 75 – 80 С в течение 6 – 10 секунд. В результате нагревания из измельченной массы можно выделить медный сок. Томатные соки получают с помощью экстракторов, фильтрующих центрифуг марки МВШ-350 и ФГШ. Количество сухих веществ в соке не должно быть менее 4,5%.

В настоящее время на консервных заводах используются комбайны для сбора томатного сока типа КТС-6, КТС-30, КТС-80. В этих клетках осуществляются все процессы извлечения сока.

Полученный томатный сок гомогенизируют под давлением 8-10 МПа, чтобы он не образовывал чукму. Во время обработки гомогенизированного сока воздух, попавший в ячейки, обезвоживается, чтобы предотвратить образование пузырьков во время упаковки.

Если сок необходимо производить с солью, то томатный сок смешивают с солью за 5-10 минут до гомогенизации и проводят дальнейшие процедуры. Готовый томатный сок стерилизуют при температуре 125-13°C в течение 70-55 с и перед упаковкой охлаждают до температуры 97°C. Затем его помещают в стеклянные или металлические банки. Томатный сок, помещенный в емкости, на последнем этапе пастеризуется. Пастеризация проводится в течение 5 – 30 минут (в зависимости от размера тары) при температуре 110 С. Банки с пастеризованной продукцией прикрывают и всасывают воздух в устройстве РЗ-КБГ, а крышки быстро герметизируют, а затем отправляют в складские помещения для охлаждения [4].

Качественный томатный сок должен иметь чистый вид, тара не должна быть сломана или деформирована, кожица не должна быть разъеденной, не сморщенной, раствор должен быть прозрачным, прозрачным, безвкусным, вкус свойственный одному и тому же овощу, а количество Сухое вещество не должно быть менее 4,5%.

Томатную пасту также можно получить в таких фирменных комбайнах, как КТС-30 и КТС-50, которые используются в настоящее время.

Томатную пасту варят в вакууме при давлении 0,12 – 0,14 и температуре 45 – 50 С. Кипячение томатной мякоти при низкой температуре в бескислородной атмосфере поможет сохранить ее естественный цвет. При производстве томатов помидоры пропускают через специальную машину. Томатную массу варят на пару при давлении 7 - 9 атмосфер. Кипячение продолжают до тех пор, пока не поднимется 12% сухой массы.

Список литературы:

1. Azizov A.SH., Islamov S.YA.,Suvanova F.U., Abdikayumov Z.A. Saqlash omborlari va qayta ishlash korxonalarini loyihalashtirish asoslari va jihozlari, Navro‘z nashriyoti, 2014
2. R.A. Xaitov, R.I. Zuparov Don va don mahsulotlarining sifatini baholash hamda nazorat qilish, Universitet nashriyoti, 2000
3. Драгилов А.И., Дроздов В.С Технологические оборудование предприятий перерабатывающих отраслей АПК. – М.: Колос, 2001.
4. Аралов Х.М., Иссаков Ш.А., Киличов А.А., (2023. Analysis of research on production of optimal and enriched fatty acid oils. Universum: технические науки. Выпуск: 1(106) Январь 2023 Часть 4 Москва 2023 66-67.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI - 10.32743/UniTech.2024.118.1.16679

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПЛОТНОСТЕЙ СТАНДАРТНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ПРИБОРОВ

Аликулова Хакима Аҳмад кизи
докторант
ГУП «Фан ва тараккиёт» ТГТУ,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Икрамова Мукаддас Эралиевна
д-р техн. наук, зав. лаб.
«Механохимическая технология композитов и буровых растворов»,
ГУП «Фан ва тараккиёт» ТГТУ,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: mikramova1974@mail.ru

Абед Нодира Сайибжановна
д-р техн. наук, проф.,
председатель ГУП «Фан ва тараккиёт» Таш ГТУ,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Негматов Сайибжан Садыкович
академик АН РУз, Заслуженный деятель науки,
ГУП «Фан ва тараккиёт» ГУП «Фан ва тараккиёт» ТГТУ,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

INVESTIGATION OF TEMPERATURE DEPENDENCE OF DENSITIES OF STANDARD SOLUTIONS FOR CALIBRATION OF DEVICES

Hakima Aliqulova
Doctoral student
of SUE "Fan va tarakkiet" TSTU,
The Republic of Uzbekistan, Tashkent

Mukaddas Ikramova
Doctor of Technical Sciences, Head of the lab.,
"Mechanochemical technology of composites and drilling fluids",
SUE "Fan va tarakkiet" TSTU,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Nodira Abed
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Chairman of SUE "Fan va tarakkiet" Tash GTU,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Sayibzhan Negmatov
Academician of the Academy
of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Honored Scientist,
of SUE "Fan va tarakkiet" SUE "Fan va Tarakkiet" TSTU,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Библиографическое описание: ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПЛОТНОСТЕЙ СТАНДАРТНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ПРИБОРОВ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Аликулова Х.А. [и др.]. 2024. 1(118). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16679*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается исследование температурной зависимости плотностей стандартных растворов для калибровки приборов, определяющие плотности продукции нефтегазовой промышленности. Показано, что с увеличением температуры увеличивается плотность фракции нефти от 0,72 г/см^3 до 0,89 г/см^3.

ABSTRACT

The article examines the study of the temperature dependence of the densities of standard solutions for calibration of devices that determine the densities of oil and gas industry products. It is shown that with increasing temperature, the density of the oil fraction increases from 0.72 g/cm^3 to 0.89 g/cm^3.

Ключевые слова: нефть, плотность, ареометр, стандартный образец, температура, фракция, петролейный эфир.
Keywords: oil, density, hydrometer, standard sample, temperature, fraction, petroleum ether.

Введение. Нефть – это природное ископаемое, очень ценная в наше время продукция из которой получают разнообразные ассортименты нефтепродукции. Представляет собой масляную жидкость, практически коричневато-черного цвета со специфическим запахом и состоит из жидких углеводородов, в которых растворены газообразные и твердые углеводороды. В нём так же присутствуют органические кислородные, азотистые и серные соединения алифатического и ароматического ряда. На сегодняшний день нефть и нефтяные продукты имеют большое значение во множестве отраслей промышленности. Нефтегазовая промышленность в сфере добычи углеводородов выпускает не менее пятисот различных наименований продукции. В зависимости от определенного типа нефти классифицируются и нефтепродукты. Однако для классификации необходимо подобрать правильные критерии и параметры отбора [7].

В мире существует огромная конкуренция продукции между фирмами и предприятиями, которые выпускают и продают различный ассортимент нефтепродуктов, что привело к ужесточению требований к их качеству. Технические требования к нефтепродукции включены в перечень условий потребительских интересов. Однако если по каким-либо причинам в организации или на предприятии наблюдаются какие-нибудь несоответствия, то технические условия не могут быть сами по себе гарантией качества, вследствие чего были разработаны стандарты, руководство и указания. Данные документы также приводятся в технических условиях [6].

Для нефти и нефтепродуктов особенной принято считать плотность – это универсальный качественный показатель. Ее измерение позволяет контролировать процесс переработки нефти, сортировать выпускаемые нефтепродукты, контролировать качество принимаемых и отпускаемых нефтепродуктов, а также вести их массовый учет [4].

Систему квалификации нефтепродуктов устанавливает национальный стандарт ГОСТ 28576-90 «Нефтепродукты и смазочные материалы. Обозначение классов» [3]. Этот документ определяет классы нефтепродуктов, смазочных материалов и их обозначение. На рисунке 1 приведена классификация нефтепродуктов, которые отличаются друг друга плотностью и температурой кипения.

Рисунок 1. Классификация нефтепродуктов

Выбор направления переработки нефти основан на определении ее фракционного состава. Этот состав характеризует один из важнейших его показателей – испаряемость. Под процессом фракционирования понимается разделение многокомпонентных смесей, к которым относится нефть и нефтепродукты. Фракционный состав оценивается объемным или массовым выходом отдельных фракций, выкипающих в определенных температурных интервалах или до определенной температуры.

Результаты исследования и их обсуждение. Плотность является одним из основных показателей свойств нефтепродуктов и имеет большое значение в определении качества и эксплуатации нефтепродуктов. Измерение плотности предусмотрено стандартами на различные продукты. Обычно плотность вещества, как правило, становится больше с увеличением молекулярной массы углеводородов и с переходом от парафинов к олефинам, нафтенам и углеводородам ароматического ряда. Кроме того, плотность нефти колеблется в пределах каждого нефтегазоносного района с содержанием различных алифатических и ароматических соединений. Это объясняется тем, что большинство разрабатываемых нефтяных месторождений представлено многопластовыми залежами, для которых, как правило, с увеличением глубины залегания продуктивного горизонта плотность нефти снижается.

Нами были проведены лабораторные испытания привозных нефтеэмульсии месторождения «Чордарбоза» и «Совлигар» из лаборатории ООО «Бухарский НПЗ» и получили ниже приведенные результаты (табл. 1):

Таблица 1.

Свойства нефти из месторождения Чордарбоза

№	Наименование показателей	Методы испытания	Результаты нефти Чордарбоза
1	Плотность кг/м^3	ГОСТ 3900	920,3
2	Содержание сера, %	ГОСТ 1437	1,8
3	Содержание воды, %	ГОСТ 2477	4,5
4	Содержание хлористых солей мг/дм^3	ГОСТ 21534	3502
5	Температура застывания ^{0}С	ГОСТ 20287	-12
6	Мех. примеси, %	ГОСТ 6370	0,85

Далее исследовали физико-механические свойства нефтеэмульсии месторождения «Совлигар», которых приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Показатели нефти из месторождения Совлигар

№	Наименование показателей	Методы испытания	Результаты нефти Совлигар
1	Плотность кг/м^3	ГОСТ 3900	893,9
2	Содержание сера, %	ГОСТ 1437	1,12
3	Содержание воды, %	ГОСТ 2477	4
4	Содержание хлористых солей мг/дм^3	ГОСТ 21534	1574
5	Температура застывания ^{0}С	ГОСТ 20287	-15
6	Мех.примеси, %	ГОСТ 6370	0,24

Как видно из приведенных данных в таблицах 1 и 2, плотность нефти из месторождения Чордарбоза больше, чем плотность нефти из месторождения Совлигар.

Плотность сырой нефти составляет от 0,738 до 1,027 г/см^3 и чаще всего находится в пределах от 0,810 до 0,985 г/см^3. Плотность нефтяных фракций зависит от их химического и фракционного состава. Фракции, выделенные из парафинистой нефти, имеют меньшую плотность, чем из нефти со значительным содержанием ароматических углеводородов. С ростом температуры кипения плотность фракций повышается (табл. 3).

Таблица 3.

Плотность фракций нефти Совлигарского месторождения

Пределы выкипания, ^{0}С	Плотность, г/см^3	Пределы выкипания, ^{0}С	Плотность, г/см^3
50-95	0,72	300-350	0,87
95-122	0,73	350-400	0,89
122-150	0,76	400-450	0,90
150-200	0,78	450-500	0,91
200-250	0,82	500-550	0,93
250-300	0,85	Сырая нефть	0,89

Плотность нефтепродуктов, вырабатываемых из определенных фракций нефти, соответственно составляют [1-2]: бензины – 730–760 кг/м^3, керосины – 780–830 кг/м^3, дизельные топлива – 840–850 кг/м^3, масла – 880–930 кг/м^3, мазут – 950 кг/м^3.

Основными методами измерения плотности нефтепродуктов являются ареометрический и пикнометрический методы. Наиболее точным методом измерения принято считать пикнометрический метод. Используемые в первом методе ареометры (нефтеденсиметры) являются наиболее распространенными приборами измерения плотности, так как они просты и удобны. С помощью ареометров определяют плотности светлых и темных нефтепродуктов и масел, имеющих вязкость при 50 °С не более 200 сантистокс (сСт).

Были разработаны рекомендации с учетом положений ГОСТ Р 51069-97 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нефть и нефтепродукты. Методика исследований. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром», ГОСТ 3900-85 [2–5].

Сущность метода (ГОСТ 3900-85) заключается в погружении ареометра в испытуемый продукт,

снятии показания по шкале ареометра при температуре определения и пересчете результатов на плотность при температуре 20 °С (рис. 2).

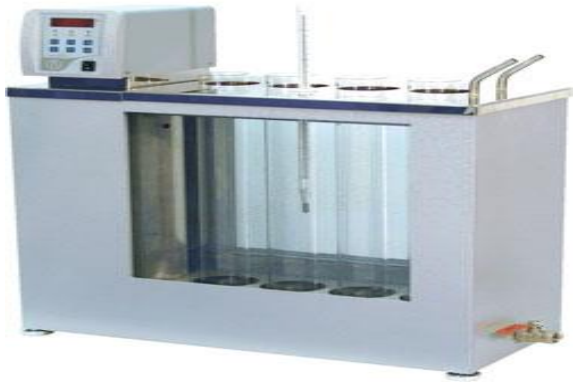


Рисунок 2. Термостат LOIP LT-810 для поддержания заданной температуры при определении плотности нефти по ГОСТу 3900-85

Для этого пробу нефти или нефтепродуктов доводят до температуры испытания или выдерживают при температуре окружающей среды до достижения этой температуры [1].

Пробу испытуемого продукта наливают в установленный на ровную поверхность цилиндр, имеющий температуру, что и у пробы. Цилиндр следует заполнять образцом не более чем на 2/3 объема. Пузырьки воздуха, которые образуются на поверхности, снимают фильтровальной бумагой. Температуру испытуемой пробы измеряют до и после измерения плотности. Температуру поддерживают постоянной с погрешностью не более 0,2 °С [1].

Для калибровки приборов, применяемых для определения плотности нефтепродуктов, используются специальные стандартные растворы с определенной плотностью.

Нами, на основе петролейного эфира марки CAS 8032-32-4, были получены специальные композиции стандартных растворов с определенной плотностью для калибровки приборов. Полученные данные приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Плотности полученного композиционного стандартного раствора на основе петролейного эфира марки CAS 8032-32-4 при различных температурах

Температура, °С	Плотность по шкале ареометра, г/см^3				
15	0,7075	0,7515	0,7930	0,8228	0,8878
16	0,7070	0,7508	0,7920	0,8220	0,8870
17	0,7064	0,7507	0,7915	0,8216	0,8865
18	0,7055	0,7504	0,7910	0,8214	0,8860
19	0,7051	0,7503	0,7905	0,8212	0,8854
20	0,7050	0,7500	0,7900	0,8210	0,8850

Как видно из полученных данных, с увеличением температуры плотность изготовленного нами композиционного стандартного раствора уменшается.

Заключение. Таким образом, получен стандартный раствор на основе петролейного эфира марки CAS 8032-32-4 и изучена температурная зависимость плотностей образцов композиционных стандартных растворов, необходимых для контроля правильности работы приборов для определения плотности нефтепродуктов.

Список литературы:

1. Аликулова Х.А., Икрамова М.Э., Абед Н.С., Негматов С.С. Нефт маҳсулотларининг зичлигини аниқловчи воситаларни калибрлашда фойдаланиладиган суюқликларнинг стандарт намуналарини яратиш // Композиционные материалы. 2022. №2. – С. 86–89.
2. ГОСТ 18481-81 «Ареометры и цилиндры стеклянные. Общие технические условия». – 23 с.
3. ГОСТ 28576-90 «Нефтепродукты и смазочные материалы. Обозначение классов». – 26 с.
4. ГОСТ 3900-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности». – 36 с.
5. ГОСТ Р 51069-97 «Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром». – 12 с.
6. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учебник для вузов (доп.) / Ю.В. Димов. – СПб.: Питер, 2010. – 464 с.
7. Шувалов Г.В Метрологический контроль качества нефти и нефтепродуктов [Текст]: учеб. пособие / Г.В. Шувалов, И.В. Минин, И.О. Минин. – Новосибирск: СГУГиТ, 2015. – 170 с.

DOI - 10.32743/UniTech.2024.118.1.16656

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ФАБРИК МЕТОДОМ ФЛОТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАГЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ МЕСТНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аҳмедов Хамид Ахмедович
канд. техн. наук,
Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Бекпулатов Жавлон Мустафокулиевич
PhD, доцент,
Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Хатамов Гайрат Алимансурович
инженер,
ГП «Институт минеральных ресурсов»,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: a_umirzoqov@mail.ru

COMPLEX PROCESSING OF MAN-MADE WASTE FROM GOLD RECOVERY PLANTS BY FLOTATION USING REAGENTS BASED ON WASTE FROM LOCAL INDUSTRIAL ENTERPRISES

Hamid Ahmedov
Candidate of Technical Sciences,
Tashkent State Technical University named after. Islam Karimov,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Zhavlon Bekpulatov
Associate Professor, PhD,
Tashkent State Technical University named after. Islam Karimov,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Gairat Khatamov
Engineer,
Institute of Mineral Resources" State Enterprise,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Одной из основных причин относительно широкого применения флотационного метода обогащения является возможность комплексного обогащения в условиях низкого содержания металлов в руде. Среднее извлечение металлов с применением флотационного метода обогащения составляет 80-85%. Применение дорогостоящих флотореагентов приводит к увеличению себестоимости обогатительного процесса. В данной статье показана возможность разработки эффективной технологии извлечения золота и серебра из хвостов Ангренской золотоизвлекательной фабрики с использованием нового флотореагента - кека плава серы (ПС), получаемого при фильтрации расплава комовой серы в производстве серной кислоты и олеума, из отходов местных промышленных предприятий. Для флотации лежалых исходных хвостов золотоизвлекательной фабрики по принципу непрерывного процесса (замкнутого цикла) лучшие показатели получены с комбинированным собирателем. В результате этого расход дорогостоящего собирателя БКК можно сократить до 20 г/т, заменив его на 60% от оптимального расхода на дешевый кек-отход.

Библиографическое описание: Аҳмедов Х.А., Бекпулатов Ж.М., Хатамов Г.А. КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ФАБРИК МЕТОДОМ ФЛОТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАГЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ МЕСТНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2024. 1(118). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16656*

ABSTRACT

One of the main reasons for the relatively widespread use of the flotation enrichment method is the possibility of complex enrichment in conditions of low metal content in the ore. The average extraction of metals using the flotation enrichment method is 80-85%. The use of expensive flotation reagents leads to an increase in the cost of the enrichment process. This article shows the possibility of developing an effective technology for extracting gold and silver from the tailings of the Angren gold recovery plant using a new flotation agent - a sulfur melt cake (PS) obtained by filtering a lumpy sulfur melt in the production of sulfuric acid and oleum from waste from local industrial enterprises. For the flotation of stale initial tailings of a gold recovery plant according to the principle of a continuous process (closed cycle), the best indicators were obtained with a combined collector. As a result, the consumption of an expensive BCC collector can be reduced to 20 g/t, replacing it by 60% of the optimal consumption with cheap cake waste.

Ключевые слова: хвосты, флотация, сода, измельчение, реагент, бутиловый ксантогенат, извлечение, концентрат, золото, серебро.

Keywords: tailings, flotation, soda, grinding, reagent, butyl xanthate, extraction, concentrate, gold, silver.

В настоящее время в мире имеется огромный спрос на цветные и редкие металлы, при производстве которых в больших объёмах образуются техногенные отходы. Поэтому, важное место имеет комплексная переработка этих отходов, извлечение драгоценных компонентов из них и эффективная эксплуатация этого вторичного сырья [1, с. 299-305].

Бурное развитие горнодобывающей и металлургической промышленности в мире сопровождается выделением новых видов металлов и металлосодержащих соединений с образованием различных техногенных отходов [2, с. 114-115].

Внедрение в промышленность новых и инновационных технологий переработки и обогащения техногенных отходов является технологическим решением проблемы, а адекватное использование техногенных отходов позволяет достичь высоких технико-экономических показателей [3, с. 33-369]. Одним из основных решений проблемы является использование флотационных, гравитационных, гравитационно-флотационных комбинированных схем извлечения техногенных отходов, содержащих драгоценные металлы [4, с. 12-19].

При флотации руд одно из направлений практического использования теоретических положений связано с воздействием различных факторов на флотореагенты в растворе с целью повышения эффективности их действия [5, с. 182]. Повышение дисперсности растворов сульфгидрильных собирателей, применение добавок поверхностно-активных веществ (ПАВ), различных регуляторов среды в ряде случаев позволяет добиться положительного технологического эффекта [6, с. 33-36]. Эффективность собирательного действия реагентов зависит от характера их взаимодействия с минералом и формой нахождения в пульпе [7, с. 194-199].

Ионная, молекулярная, коллоидно-молекулярная или эмульсионная форма нахождения органического реагента в пульпе не только определяет его химическую активность и эффективность использования как собирателя или пенообразователя, но и влияет на форму закрепления после его адсорбции на поверхности минеральных частиц [8, с. 116-120]. Форма нахождения реагента может регулироваться физико-химическими методами (поверхностно-активные добавки), химическими (изменение pH среды, окислительно-восстановительный потенциал пульпы и т. п.), механическими (ультразвук, интенсивное либо наоборот замедленное перемешивание пульпы с реагентами и др.) [9, с. 54]. Часто обсуждается вопрос о сходстве и различиях между флотацией ионов или молекул и флотацией частиц суспензионной крупности, при этом происходит разделение компонентов жидких дисперсных систем, основанное на различной способности разделяемых компонентов концентрироваться на поверхности пузырьков газа [10, с. 182]. Отличие заключается в степени дисперсности извлекаемых материалов, суспензионной крупности частиц, гидрофобности и адгезии к пузырькам, а в случае ионов и молекул – поверхностная активность ПАВ и адсорбция [11, с. 182].

Превосходством технологии ионной флотации является простота процесса выполнения, где происходит взаимодействие ионов металлов с катионными ПАВ (поверхностно-активные вещества) с получением гидрофобных осадков - сублатов, которые можно свободно отделять от раствора флотационным методом. Установлено, что для каждого реагента-собирателя и пенообразователя существует минимально необходимый расход ПАВ, обеспечивающий максимальную дисперсность основного реагента в растворе (в жидкой фазе пульпы) [12, с. 140].

Характерно, что дисперсность эмульсий реагентов достигает максимума при незначительных концентрациях ПАВ. В процессе приготовления растворов жирнокислотных собирателей необходимо поддерживать высокую температуру (до 60%) и применять стабилизирующие эмульсию добавки ПАВ в условиях энергичного перемешивания.

В истинных растворах ПАВ повышается растворимость углеводородов вследствие уменьшения полярности растворителя (воды). Установлено, что в сочетании с бутиловым ксантогенатом калия (БКК) и оксидом этилена (ОЭ) в 3,5- 8,0 раз повышается извлечение меди на 1,3-3,5% и молибдена на 1,1-2,5%.

Объект и методы исследования. Из большего числа испытанных реагентов в качестве собирателя сульфидных минералов и золота по результатам предыдущих работ ГП «Институт минеральных ресурсов» (ИМР), был выбран реагент - плав серы (ПС), приготовленный на основе отходов местного производственного предприятия «Капролактам».

Он образуется при фильтрации расплава комовой серы в производстве серной кислоты и олеума, как кек плава серы [13, с. 29].

По данным химического анализа лаборатории ИМР, партия «кек-отхода» ПС имеет следующий химический состав: S-65,68%, SiO_2 3,82%; Fe_2O_3-1,73%, CaO-5,33%; MgO-0,91%. ПС также содержит около 17% продуктов органического происхождения.

По данным полуколичественного спектрального анализа, в ПС содержатся, помимо указанных элементов (в %): Al-0,6; Na-0,2; Mn- 0,03; Ni-0,008, Ti-0,008; Cr-0,04;Ba-0,03; Sr-0,01;Mo, Zr, Be - по 0,001; Cu - 0,004 [14, с. 112].

Для лежалых хвостов наиболее эффективным для флотации хвостов Ангренской золотоизвлекательной фабрики по методике схемы рис. 1 и по схеме флотации хвостов по принципу непрерывного процесса (замкнутый цикл), оказался реагент ПС, к тому же он самый дешевый [15, с. 97-98].

Результаты исследования и их обсуждение. Нашли обоснование методы совместного использования разнородных органических реагентов при флотации, совместное применение собирателей, состоящих из дифильных и аполярных молекул, различная очередность подачи реагентов в пульпу. Лучшие результаты получены при очередности подачи реагентов в пульпу по схеме рис. 1: сода, ПС+БКК, Т-92 , как на лежалых, так и на свежих хвостах Ангренской золотоизвлекательной фабрики (АЗИФ), отобранных из зумпфа пульпопровода.

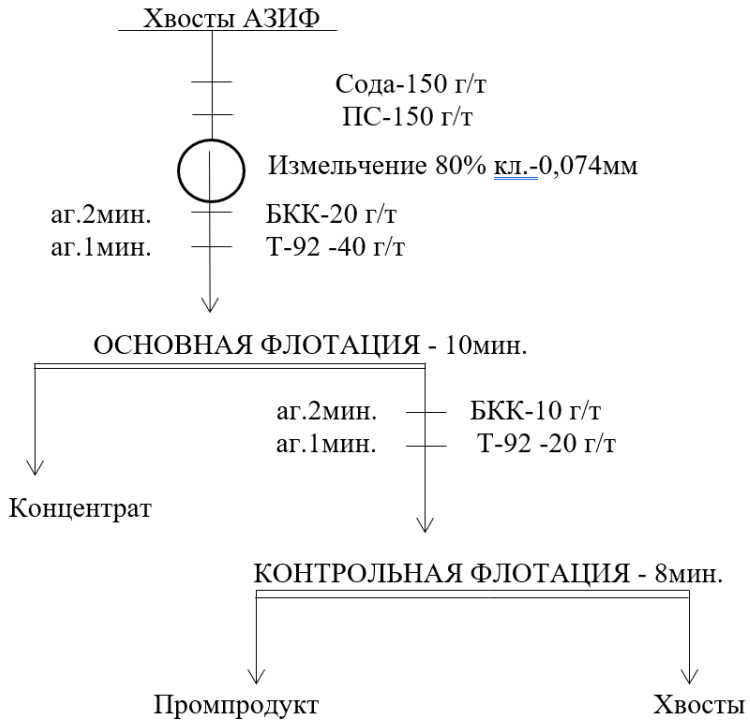


Рисунок 1. Схема флотация хвостов Ангренской золотоизвлельной фабрики с реагентом ПС

В табл. 1 приведены результаты опытов флотации групповых проб лежалых хвостов по схеме рис. 1. Реагент ПС загружался в измельчение одновременно с загрузкой соды. Расход БКК в основную флотацию был сокращен на 60%, что составило 20 г/т.

Таблица 1.

Результаты флотации лежалых хвостов АЗИФ с реагентом ПС

Продукты обогащения	Выход, %	Содержание, г/т		Извлечение, %	
		Au	Ag_	Au	Ag
Концентрат	1,06	15,32	132,5	49,7	33,7
Промпродукт	1,06	1,66	21,25	5,4	5,4
Хвосты	97,88	0,15	2,6	44,9	60,9
Исх. хвосты оф.	100,0	0,33	4,17	100,0	100

Сравнение основных показателей результатов флотации с применением реагентов БКК и ПС+БКК приведено в табл. 2.

Таблица 2.

Сравнение показателей флотации с применением реагентов БКК и ПС+БКК

Название полезного компонента	Ед. изм.	Значение показателей при флотации	
		С традиц. БКК	С ПС+БКК
Содержание в исходных хвостах			
Золото	г/т	0,49-0,93	0,30-1,01
		0,68	ср.0,55
Серебро	г/т	3,16-6,89	3,8-7,9
		4,88	ср 5,53
Содержание в концентратах			
Золото	г/т	8,6-25,24	4,0-33,32
		15,0	15,65
Серебро	г/т	61,0-167.0	44,25-207-5
		102,7	134,89
Содержание в хвостах флотации			
Золото	г/т	0,2-0,4	0,15-0,33
		0,3	0,27
Серебро	г/т	1,1-3,4	2,0-3,4
		2,23	2,63
Извлечение в концентраты			
Золото	%	37,6-66,1	44,52-64,7
		52,24	55,20
Серебро	%	32,6-65,2	33,79-60,5
		49,86	47,32 л

Судя по результатам, приведенным в табл. 1. и 2., при флотации исходных хвостов лучшие показатели получены с комбинированными собирателями ПС-100 г/т и БКК-20 г/т. Следовательно, расход дорогостоящего собирателя БКК можно сократить до 20 г/т, заменив 60% его от оптимального расхода на дешевый кек-отход ПС завода «Капролактам» (14$ США за 1 т).

На основании результатов проведенных опытов была определена схема, показанная на рис. 2, по которой были проведены испытания по принципу непрерывного процесса (замкнутый цикл). Результаты опытов приведены в табл. 3.

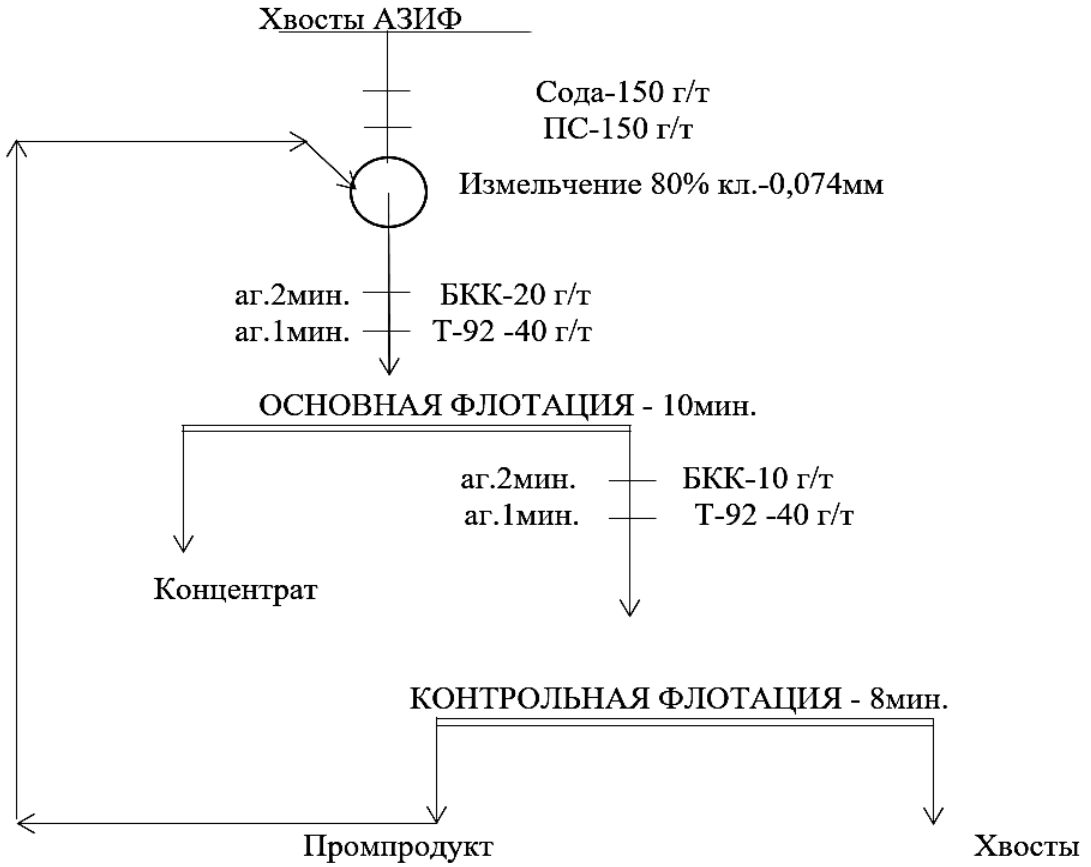


Рисунок 2. Схема флотации хвостов по принципу непрерывного процесса (замкнутый цикл)

Таблица 3.

Результаты опытов флотации по принципу непрерывного процесса

Продукты обогащения	Выход, %	Содержание, г/т		Извлечение, %		Расход реагентов собирателей, г/т
		Au	Ag	Au	Ag	
Объединенная проба лежалых хвостов (пр. №1-9) пр. №1-9						
Концентрат	3,65	9,5	90,3	56,24	49,80	БКК-50+20
Хвосты	96,35	0,28	3,45	45,76	50,2	Т-92-40+20
Исх. хвосты ОФ*	100,0	0,62	6,6	100,0	100,0	ПС-100 в изм
Концентрат	3,0	12,52	128,2	56,80	51,1	
Хвосты Хвосты	97,0	0,28	3,8	43,2	48,9	БКК-20+20
Исх. хвосты ОФ	100,0	0,66	7,52	100,0	100,0	Т-92-40+20
Проба свежих хвостов (из пульпопровода)						
Концентрат	2,20	17,85	137,6	58,6	52,2	БКК-50+20
Хвосты	97,80	0,28	2,8	41,4	47,8	Т-92-40+20
Исх. хвосты оф	100,0	0,67	5,8	100,0	100,0	
Концентрат	2,04	18,92	140,7	59,4	51,25	ПС-100 в изм
Хвосты	97,96	0,27	2,8	40,6	48,75	БКК-20+20
Исх. хвосты оф	100,0	0,65	5,6	100,0	100,0	Т-92-40+20

** обогатительная фабрика*

Заключение. Таким образом, для флотации хвостов Ангренской золотоизвлекательной фабрики разработана схема с применением местного реагента ПС, полученного из техногенного сырья промышленности, позволяющая получить из отвальных хвостов дополнительный концентрат с содержанием 12,52-18,92 г/т золота и 128,2-140,7 г/т серебра при извлечении 56,8-59,4 Au и 51,1-51,25% серебра (из исходных хвостов).

Список литературы:

1. Полежаев С.Ю. и др. Зависимость извлечения золота от степени окисления упорных золотосульфидных концентратов // Естественные и технические науки. – Москва, 2013. – №4. – С. 299–305.
2. Полежаев С.Ю. Современные тенденции переработки золотосодержащих упорных руд в России // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в образовании и науке». – Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. – С. 114-115.
3. Санакулов К.С. Особенности технологии извлечения металла из упорных и особо упорных золото-сульфидных мышьяковистых руд // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2014. – №2. – С. 33-36.
4. Санакулов К.С., Ким К.Ф., Василенок О.П., Черевков С.И. Полупромышленное испытание флотореагентов фирм Caytec и Klariant // Горный журнал. Специальный выпуск. – Москва, 2002. – С. 12-19.
5. Санакулов К.С. Научно-технические основы переработки отходов горно-металлургического производства: Монография, Ташкент: Издательство «Фан» Академии наук Республики Узбекистан 2009.- 426 с.
6. Санакулов К.С. Особенности технологии извлечения металла из упорных и особо упорных золото-сульфидно-мышьяковистых руд // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2014. – № 2. – С. 33-36.
7. Самадов А.У. Исследование процесса выщелачивания благородных металлов из лежалых хвостов золотоизвлекательных фабрик// Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2016. – № 1. – С. 194-199.
8. Самадов А.У. Управление технологическими процессами переработки техногенных отходов // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2016. – №4. – С. 116-120.
9. Техника и технология извлечения золота из руд за рубежом / Под ред. В.В. Лодейщикова. – М.: Металлургия, 1973. 456 с.
10. J.M. Bekpulatov, M.M. Yakubov, Kh. Ahmedov,and Sh.A. Mukhametjanova Material Composition and Development of Technology for Processing the Tailings of the Copper Concentrating Plant of JSC “Almalyk MMC” Proceedings of Fourth International Conference on Inventive Material Science Applications ICIMA 2021, P. 179-187.
11. Самадов А.У. Особенности комплексного подхода переработки техногенных образований горно-металлургических отходов. Докторская диссертация -Ташкент, 2016.- 149 с.
12. Емельянов Ю.Е., Богородский А.В., Баликов С.В., Епифоров А.В. Сопоставительная оценка вариантов переработки упорных флотоконцентратов // Цветные металлы. – Москва, 2012. – № 8. – С. 129-145.
13. Горлова О.Е., Шадрунова И.В., Жилина В.А., & Чекушина Т.В. (2020). Повышение полноты извлечения золота из лежалых отходов переработки золотосодержащих руд. Известия Тульского государственного университета. Науки о земле, (1), 26-31.
14. Бекпулатов Ж.М. Научное обоснование технологических схем переработки золотосодержащих руд с использованием реагентов из отходов местной промышленности // Дисс…канд. техн. наук. – Навои, 2019. – 125 с.
15. Шумилова Л.В., Хатькова А.Н., Размахнин К.К., & Простакишин М.Ф. (2023). БЕСЦИАНИДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ.

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ РЕЦЕПТУРЫ ЖЁСТКИХ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИЭТАНОЛАМИНА И ФУРФУРОЛА

Губайдуллин Ринат Шавкатович
ассистент,
кафедра «Пищевая и химическая технология»,
Андижанский государственный университет
Республика Узбекистан, г. Андижан.
E-mail: rinat3187@mail.ru

Алимухамедов Музафар Ганиевич
д-р техн. наук, проф.,
кафедра «Технология высокомолекулярных соединений и пластмасс»,
Ташкентский химико-технологический институт
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: MGA1953@mail.ru

Адилов Равшан Иркинович
д-р техн. наук, проф.,
кафедра «Технология высокомолекулярных соединений и пластмасс»,
Ташкентский химико-технологический институт
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: adilov_ravshan@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN OPTIMAL FORMULATION OF RIGID POLYURETHANE FOAM BASED ON THE PRODUCTS OF THE INTERACTION OF DIETHANOLAMINE AND FURFURAL

Rinat Gubaydullin
Assistant,
"Food and Chemical Technology"
Andijan State University,
Republic of Uzbekistan, Andijan

Muzaffar Alimukhamedov
Dr. Tech. sciences, prof
"Technology of high molecular compounds and plastics",
Tashkent chemical-technological institute,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Ravshan Adilov
Prof,
"Technology of high molecular compounds and plastics"
Tashkent Chemical - Technological Institute,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Третичные аминные катализаторы являются важными компонентами в производстве полиуретановых материалов. Третичные амины с каталитически активными (альдегидными, фурфуриловыми и др.) группами используются в качестве основного катализатора и более длинного заместителя с реакционноспособным концом, спирта или амина, для включения его в полиуретановую матрицу. Но соединения, входящие в состав третичных аминов, выделяют неприятный запах и вносят значительный вклад в выбросы летучих органических соединений (ЛОС) при использовании полученных материалов. Для предотвращения и сведения к минимуму вредных выбросов были синтезированы катализаторы пенополиуретанового назначения на основе реакций взаимодействия диэтаноламина и фурфурола.

Библиографическое описание: Губайдуллин Р.Ш., Алимухамедов М.Г., Адилов Р.И. РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ РЕЦЕПТУРЫ ЖЁСТКИХ ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИЭТАНОЛАМИНА И ФУРФУРОЛА // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2024. 1(118). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16628*

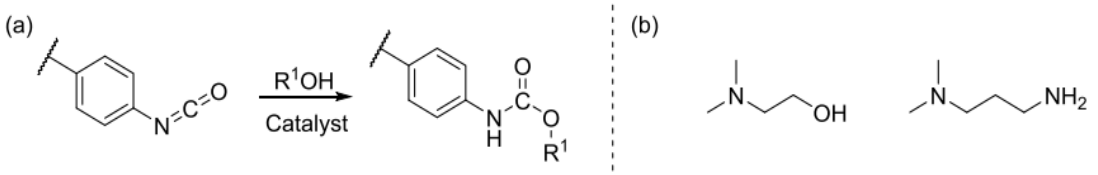
ABSTRACT

Tertiary amine catalysts are important components in the production of polyurethane materials. Tertiary amines with catalytically active (aldehyde, furfuryl, etc.) groups are used as the main catalyst and a longer substituent with a reactive end, alcohol or amine, to incorporate it into the polyurethane matrix. But the compounds found in tertiary amines emit unpleasant odors and contribute significantly to volatile organic compound (VOC) emissions when the resulting materials are used. To prevent and minimize harmful emissions, polyurethane foam catalysts were synthesized based on the interaction reactions of diethanolamine and furfural instead of tertiary amines.

Ключевые слова: третичные амины, активные группы, реакционно способность, диэтаноламин, фурфурол.
Keywords: tertiary amines, active groups, reactivity, diethanolamine, furfural.

Введение. Полиуретан – один из самых универсальных полимеров, проявляющихся в разнообразии форм, и применяемых во многих отраслях промышленности, от мебели до обуви, от строительства до автомобилестроения [1-3]. Благодаря своей универсальности и разнообразному применению, на долю полиуретана приходится 5 % от общего объема мирового производства полимеров, в настоящее время ежегодно производится около 16 млн т полиуретанового сырья [2]. Полиуретаны проявляют термопластичные, эластомерные и термореактивные свойства. В зависимости от химической и морфологической структуры их свойства могут легко подбираться в чрезвычайно широком диапазоне и точно настраиваться для многочисленных применений путем изменения типа и функциональности прекурсоров полиола и изоцианата.

Получение уретана обычно катализируется третичными аминами, такими как 1,4-диазабицикло (2.2.2)-октан (DABCO) и 2,2'-бис (диметиламиноэтиловый эфир), или амидинами, такими как диазабициклоундецен (ДБУ) [4-6]. Однако такие соединения вносят значительный вклад в выбросы летучих органических соединений (ЛОС) и имеют неприятный запах. Для решения проблемы сокращения вредных выбросов было исследовано большое число нелетучих аминов, содержащих гидроксильные или реакционноспособные аминофункциональные группы для реакции с изоцианатами, например, N,N-диметилэтаноламин (ДМАЕ); N,N-диметиламинопропиламин (ДМАРА); и N,N,N'-триметил-N'-гидроксиэтил-бисаминоэтиловый эфир. Далее приводится пример обычно используемых реакционноспособных катализаторов в синтезе полиуретана.



В связи негативными последствиями использования катализаторов на основе аминов, произошел переход от использования нереактивных катализаторов, например, DABCO, к реактивным катализаторам. Однако используемые реакционноспособные катализаторы в синтезе полиуретана содержат метильные группы, что и приводит к образованию нежелательных продуктов разложения, таких как формальдегид. [7-9] который является загрязнителем воздуха внутри помещений, и может вызывать раздражение дыхательных путей [10].

Материалы и методы синтеза

В лабораторных условиях были синтезированы продукты, используемые в качестве катализаторов при разработке рецептур для получения жёстких пенополиуретанов. В реакциях диэтаноламина и фурфурола не образуются метильные группы, а, следовательно, и не выделяется формальдегид. Продукт синтезировали по методике, описанной в работе [11]. На рисунке 1 представлено устройство для синтеза продукта в лабораторных условиях.

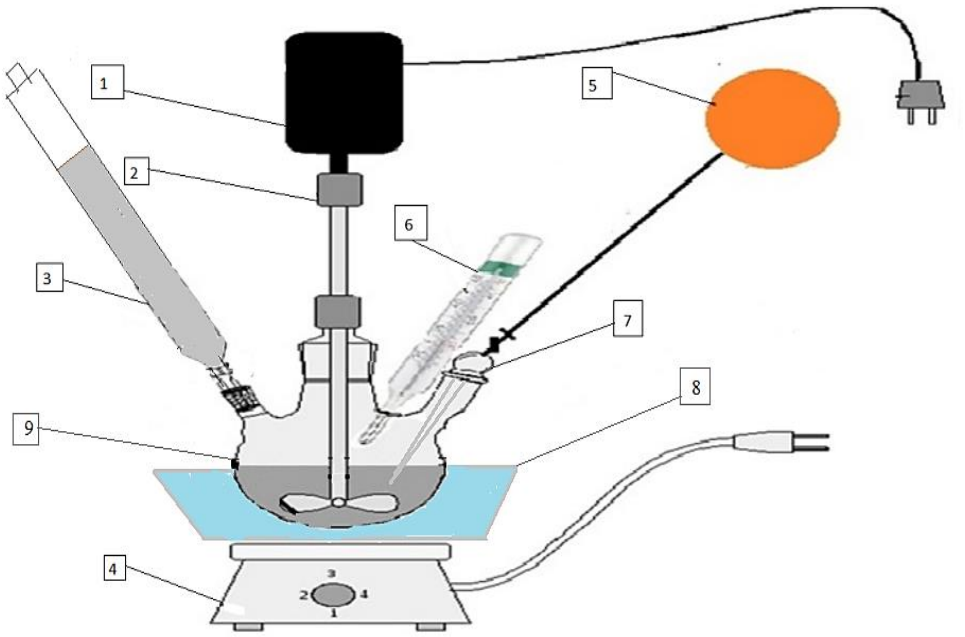
Очищенный вакуумной перегонкой синтезированный продукт имел следующие физико-химические свойства (Таблица 1).

Таблица 1.

Физико-химические свойства катализаторов ФАДЭ и ФДАТЭ

Название	Молекулярная масса, ММ	Гидроксильное число, OH^-, %	Третичный амин, N, %
Диэтаноламин : Фурфурол =1:1	182 183	9,18 9,29	7,53 7,65
Диэтаноламин : Фурфурол =2:1	286 298	22,52 22,82	9,57 9,60

Примечание: *в числителе - теоретически вычисленные данные; в знаменателе – экспериментальные данные.*



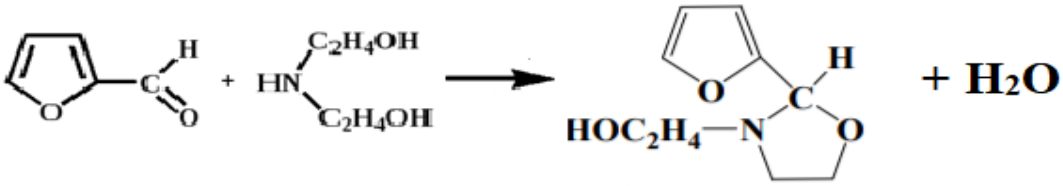
1-электродвигатель; 2-мешалка; 3-делительная воронка с диэтаноламином; 4-электроплитка; 5-шар для азота; 6-термометр; 7-капилляр для вода азота; 8 – водяная баня; 9 – 4-х горловая колба с фурфуролом

Рисунок 1. Лабораторное устройство для синтеза фурфуриламинадиэтанола

Реакцию проводили в массе при молярных соотношениях фурфурол:диэтаноламин = 1:1 моль/моль. При комнатной температуре (20°С) в колбу загружали фурфурол и затем при интенсивном перемешивании к фурфуролу добавляли диэтаноламин с такой скоростью, чтобы температура реакционной смеси не превышала 30°С. Полученную смесь подвергали термообработке при 50°С в течении 0,5 часа. После термообработки отгоняли воду в вакууме Рост. = 0,8-0,9 кгс/см^2 при температуре не выше 70°С. Конечный продукт подвергали перегонке в вакуум при остаточном давлении Рост. = 1,0-0,9 кгс/см^2.

Синтезированные продукты, фурфуриламинадиэтанол (ФАДЭ) и фурфурилидендиаминатетераэтанол (ФДАТЭ), представляют собой жидкость коричневого цвета с характерным запахом фурфурола. Продукт реакции стабилен, при хранении в течение 3 месяцев не меняет своей вязкости.

Ниже представлена реакция синтеза продукта.



На основе синтезированного продукта разработана рецептура жёсткого пенополиуретана (ЖППУ). Использовали полиолы Лапрол-373 и Лапрамол-294, кремнийорганический пенорегулятор КЭП-2а, воду (в качестве вспенивающего агента), ФАДЭ и МДИ.

Разработанная композиция, содержащая 70 масс.ч. Лапрола-373 и 30 масс.ч. Лапрамола-294, была взята за основу при разработке рецептуры напыляемого жёсткого пенополиуретана (таблица 2). Содержание синтезированного продукта варьировали в зависимости от необходимой нам плотности. В этой рецептуре количество химического вспенивающего агента (воды) было увеличено до 1,5 масс.ч. ЖППУ, полученный по этой рецептуре, имеет повышенную кажущуюся плотность, удлиненные параметры формования. Количество синтезированного продукта увеличили от 5,0 до 30,0 масс.ч., при этом уменьшали количество содержания Лапрамола-294 в рецептуре

Рецептуры жёсткого пенополиуретана

1*- стандартная рецептура ЖППУ;

2*- ЖППУ: 25 г Лапрамола-294 и синтезированного продукта – 5 г;

3* - ЖППУ: 20 г Лапрамола-294 и 10 г синтезированного продукта;

4* - ЖППУ: 15 г Лапрамола-294 и 15 г -синтезированного продукта;

5* - ЖППУ: 10 г Лапрамола-294 и 20 г синтезированного продукта;

6* - ЖППУ: 5 г Лапрамола-294 и 25 г синтезированного продукта;

7* - ЖППУ : 0 г Лапрамола-294 и 30 г синтезированного продукта.

Результаты и их обсуждение

Ниже представлены параметры и физико-механические свойства разработанных жёстких пенополиуретанов. При этом удалось получить ЖППУ, удовлетворяющие требованиям к изоляционным материалам.

Таблица 2.

Результаты полученных жестких пенополиуретанов на основе ФАДЭ и их физико-механические свойства

Наименование компонентов и показатели	Показатель для рецептуры жёсткого пенополиуретана *						
	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*
Лапрол - 373	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
Лапрамол – 294	30,0	25,0	20,0	15,0	10,0	5,0	-
Синтезированный продукт	0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0
Кремнийорганический пенорегулятор (КЭП – 2а)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Вода	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Изоцианатный индекс	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Время старта, с	11	11	13	12	12	11	10
Время гелеобразования, с	21	25	26	26	27	27	28
Время подъёма, с	51	53	53	54	53	54	55
Кажущаяся плотность, кг/м3	91	93	90	88	89	87	89
Прочность при сжатии, МПа	0,85	0,81	0,82	0,80	0,78	0,79	0,81
Ударная вязкость, кДж/м	0,24	0,22	0,23	0,21	0,22	0,23	0,22
Водопоглощение, кг/м^2	0,42	0,40	0,41	0,37	0,38	0,40	0,39
Горючесть (огневая труба) потеря массы, %.	53,7	48,8	47,6	45,2	45,6	47,6	49,2

По результатам проведенных исследований можно заключить, что:

- все испытанные образцы проявили себя как весьма эффективные катализаторы для получения жёстких пенополиуретанов;
- образцы могут эффективно заменить традиционный катализатор;
- при использовании синтезированного продукта не выделяется формальдегид и другие органические соединения;
- рекомендуем провести более широкие промышленные испытания в производственных условиях.

Увеличение количества синтезированного продукта от 5,0 до 30,0 масс.ч. (таблица 2) позволяет понизить кажущуюся плотность от 93 до 88 кг/м^3, но при этом способствует увеличению физико-механических свойств полученных композиций (прочность при сжатии, ударную вязкость и др.). Водопоглощение при этом изменяется в сторону увеличения, это скорее всего объясняется увеличением количества открытых ячеек в структуре композиции. Исходя из таблицы 2 можно предположить, что оптимальным требованиям напыляемого ЖППУ соответствует рецептура **6***, состоящая из 70,0 масс.ч. Лапрола-373, 5,0 масс.ч. Лапрамола-294 и 25,0 масс,ч синтезированного продукта. ЖППУ, имеет следующие значения технологических режимов формования и свойства: время старта - 12 с, время гелеобразования – 26 с, время подъема – 59 с, кажущаяся плотность - 87 кг/м^3, прочность при сжатии - 0,84 МПа, ударная прочность – 0,25 кДж/м, водопоглощение - 0,44 кг/м^2, потеря массы при горении в огневой трубе – 52,1 %). Исходя из приведенных результатов исследований можно заключить, что на основе синтезированных продуктов ФАДЭ и МЭД, по разработанной рецептуре могут быть получены жёсткие пенополиуретаны промышленного назначения с использованием местного сырья.

Список литературы:

1. Рэндалл, Д.; Ли, С. Книга о полиуретане; Джон Уайли и Сонс: Нью-Йорк, 2002. David Randall, Steve Lee. The Polyurethanes Book /1st Edition. Wiley, 2002. 477 p.
2. Энгельс Х.-В.; Пиркл Х.-Г.; Альберс Р.; Альбах Р.В.; Краузе Дж.; Хоффман А.; Кассельман Х.; Дормиш Дж. Полиуретаны: Универсальные материалы и устойчивые решения проблем для решения современных задач. Angew. Chem., Int. Ed. 2013, 52, 9422-9441.
3. H. Engels, H. Pirkl, +5 authors J. Dormish Polyurethanes: versatile materials and sustainable problem solvers for today's challenges. Angewandte Chemie 2 September 2013 DOI:10.1002/anie.201302766

4. Акинбойе Дж.О.; Бег М.Д.Х.; Газали С.; Ислам М.Р.; Джейаратнам Н.; Юварадж А.Р. Типы полиуретанов, синтез и применение - обзор. RSC Adv. 2016, 6, 114453-114482.
5. John O. Akindoyo, M.D.H Beg, Suriati Ghazali, MR Islam, Nitthiyah Jeyaratnam, AR Yuvaraj .2016/12. RSC Advances.v 6 P.114453-114482
6. Делебек Э.; Паско Ж.-П.; Бутевен Б.; Ганашо Ф. Универсальность связей уретан/мочевина: на обратимость, блокированный изоцианат иинеизоцианатный полиуретан. хим. Ред. 2013, 113, 80−118.
7. On the versatility of urethane/urea bonds: reversibility, blocked isocyanate, and non-isocyanate polyurethane. Etienne Delebecq 1, Jean-Pierre Pascault, Bernard Boutevin, François Ganachaud Chem Rev. 2013 Jan 9;113(1):80-118.
8. Сардон Х.; Паскаль А.; Месеррейс Д.; Татон Д.; Крамэйл Х.; Хедрик Дж.Л. Синтез полиуретанов с использованием органокатализа: Перспектива. Макромолекулы 2015, 48, 3153−3165.
9. Альсарраф Дж.; Аммар Ю.А.; Роберт Ф.; Клуте Э.; Крамэйл Х.; Ландэ Ю. Циклические гуанидины как эффективные органоктализаторы для Синтез полиуретанов. Макромолекулы 2012, 45, 2249-2256.
10. Барман Б.Н.; Григсби Р.А. Ингибирование окисления аминов. WO 2011084865A1, 2011. INHIBITION OF AMINE OXIDATION Inventors: Bhajendra Narayan Barman (Katy, TX, US) Robert A. Grigsby, Jr. (Spring, TX, US) IPC8 Class: AC07C21742FI USPC Class: 528 49 Publication date: 2012-10-25 Patent application number: 20120271026.
11. Барман Б.Н. Точное определение альдегидов в аминных катализаторах или аминах путем дериватизации 2,4-динитрофенилгидразина. J. Хроматогр. B 1327 2014, 19-26. Accurate determination of aldehydes in amine catalysts or amines by 2,4-dinitrophenylhydrazine derivatization
12. Бармен Б.Н. Образование и определение альдегидов в аминных катализаторах, клеях и герметиках, 2015; стр. 36-42.
13. Солтхаммер, Т.; Ментезе, С.; Маруцки, Р. Формальдегиды в окружающей среде и внутри помещений. Chem. Rev. 2010, 110, 2536-2572. Formaldehyde in the Indoor Environment Tunga Salthammer,*,† Sibel Mentese,‡ and Rainer Marutzky† Chem. Rev. 2010, 110, 2536–2572
14. Гафаров А.М., Пунегина Л.Н., Логинова Н.И., Новикова С.С., Титов Н.К. Конденсация моноэтаноламина с формальдегидом. Изв.АН СССР,1978, №9, с. 21-89.

DOI - 10.32743/UniTech.2024.118.1.16661

СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ МЕТОДОМ СОЛЬВЕ

Курбанова Айсултан Абатбаевна
PhD свободный соискатель,
«ООО Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии»,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: aisultankurbanova@gmail.com

Вафаев Ойбек Шукурлаевич
д-р филос. (PhD), ст. научн. сотр.,
«ООО Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии»,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

TECHNOLOGIES FOR PROCESSING SODA ASH PRODUCTION WASTE BY THE SOLVAY METHOD

Aisultan Kurbanova
PhD free applicant,
Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology LLC,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Oybek Vafaev
Doctor of Philosophy (PhD), Senior researcher. co.,
"Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology LLC",
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Объем сбрасываемой дистиллерной жидкости ООО СП «Кунградский содовый завод» составляет в сутки более 5500 - 6000 м^3 (в год более 2 млн м^3).

В технологии данного завода отсутствует переработки отхода производства дистиллерной жидкости. С целью разработки безотходной технологии были изучены направлении и способы переработки жидкого отхода производства кальцинированной соды на товарные продукции.

Определено, что дистиллерную жидкость можно перерабатывать на товарные продукции в нескольких направлениях, и получить готовые продукции, которые отвечают требованиям соответствующих государственных стандартов:

- Мелиорант для известкования кислых и солонцовых почв (ТУ 6-18-37-85);
- Комплексные минеральные добавки для балансирования рационов сельскохозяйственных животных (ТУ 6-18-3-80) и сельскохозяйственной птицы (ТУ 6-18-25-079);
- Производство силикатного кирпича на основе белитового вяжущего;
- Хлористый кальций технический ГОСТ 450-77;

ABSTRACT

The volume of distiller liquid discharged by LLC JV Kungrad Soda Plant is more than 5,500 - 6,000 m3 per day (more than 2 million m3 per year).

The technology of this plant does not process waste from the production of distiller liquid. In order to develop a waste-free technology, the directions and methods of processing liquid waste from soda ash production into marketable products were studied.

It is determined that the distiller liquid can be processed into marketable products in several directions, and ready-made products that meet the requirements of the relevant state standards can be obtained:

- Meliorant for liming acidic and saline soils (TU 6-18-37-85);
- Complex mineral additives for balancing the diets of farm animals (TU 6-18-3-80) and poultry (TU 6-18-25-0- 79);
- Production of silicate bricks based on a belite binder;
- Calcium chloride technical GOST 450-77;

Библиографическое описание: Курбанова А.А., Вафаев О.Ш. СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ МЕТОДОМ СОЛЬВЕ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2024. 1(118). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16661*

Ключевые слова: кальцинированная сода, метод Сольве, дистиллерная жидкость, шлам, отходы.
Keywords: soda ash, Solvay method, distillery liquid, sludge, waste.

Из существующих методов получения кальцинированной соды наиболее широко применяется аммиачный способ (70%). В синтезе кальцинированной соды, по технологии Сольве, степень утилизации натрия составляет 70 –72 % (масс.).

ООО СП «Кунградский содовый завод» - единственное в Центральной Азии предприятие, производящее кальцинированную соду. Годовая мощность производства кальцинированной соды в предприятии составляет 200 000 тонн. Дистиллерная жидкость после процесса дистилляции в цехе АДКФ (Абсорбция Дистилляция Карбонизация Фильтрация) I и II очереди производства кальцинированной соды, сбрасываются в шламонакопитель для жидких отходов. Объем сбрасываемой дистиллерной жидкости составляет 9,08 - 10 м^3 на 1 тонну готовой продукции (так как объем производства кальцинированной соды за год в обеих этапов данного завода составляет 200 тыс. тонн, объем сбрасываемой дистиллерной жидкости составляет в сутки более 5500 - 6000 м^3, в год более 2 млн м^3).

Рисунок 1. Вид шламонакопителя жидких отходов (дистиллерной жидкости) производства кальцинированной соды аммиачным методом ООО СП «Кунградский содовый завод»

В настоящее время в связи с наполнением (выхода дистиллерной жидкости из дамб шламонакопителя) и намечаемым расширением производства кальцинированной соды в ООО СП Кунградском содовом заводе (2024-2026 г.) от нынешнего 200 тыс. тонн годовой мощности до 450 тыс. тонн, остро стоит вопрос комплексной переработки дистиллерной жидкости, с использованием недорогостоящих компонентов с получением товарной продукции.

Учитывая, что сода, кальцинированная производится из природных минералов (поваренной соли, известняка или мела), сточные воды содового производства (дистиллерная жидкость) содержит в своем составе ионы Ca^{+2}, Na^{+} и Cl^{-} в виде хлоридов $CaCl_2$ и NaCl.

Таблица 1.

Химический состав дистиллерной жидкости из цеха АДКФ ООО СП «Кунградский содовый завод»

Компонент	Фактические результаты анализов за 2023г. % (масс.)			
	Январь	Февраль	Март	Апрель
I – этап производства				
NaCl	4,79	5,56	4,85	4,88
Na_2SO_4	0,063	0,063	0,06	0,12
CaO(общ.)	0,16	0,28	0,22	0,22
$CaCO_3$	0,68	0,49	0,39	0,39
MgO	0,036	0,036	0,036	0,036
$CaCl_2$	9,16	8,36	9,52	9,57
II – этап производства				
NaCl	4,63	4,49	4,03	4,75
Na_2SO_4	0,19	0,19	0,12	0,17
CaO(общ.)	0,11	0,16	0,28	0,28
$CaCO_3$	0,39	0,28	0,49	0,5
MgO	0,036	0,036	0,017	0,072
$CaCl_2$	9,68	9,57	9,69	9,21

Твердый осадок (шлам дистилляции) включает в свой состав в основном карбонат и сульфат кальция (таблица 2).

Таблица 2.

Фактические результаты анализов дистиллерной жидкости из шламонакопителя ООО СП «Кунградский содовый завод»

Компонент	Нормы и технические показатели по регламенту %(масс.)	Светлая часть пробы (прозрачная жидкость) %(масс.)	Шламовая часть пробы (твердая) %(масс.) на сухое вещество
NaCl	4,16	6,79	5,84
Na_2SO_4	0,29	0,06	-
$CaSO_4$	-	-	6,40
CaO(общ.)	0,49	0,11	-
$CaCO_3$	0,52	0,19	84,09
$MgCO_3$	-	-	2,52
MgO	0,08	0,034	-
$CaCl_2$	10,81	12,90	-
Нерастворимые в воде остатки	-	-	0,4
R_2O_3	-	-	0,4

Превышение хлоридов, карбонатов и сульфатов от нормы, в составе светлой и шламовой части дистиллерной жидкости из шламонакопителя объясняется тем, что в этот шламонакопитель жидких отходов кроме дистиллерной жидкости еще и сбрасываются сточные воды (концентрат, упаренная вода, вода из КНС-3) которые имеют в своем составе в большом количестве соединении хлора, карбонатов и сульфатов.

Из дистиллерной жидкости, производства кальцинированной соды методом Сольве могут быть получены следующие продукты, описанные ниже.

Мелиорант для известкования кислых и солонцовых почв (ТУ 6-18-37-85). Известковый мелиорант на основе твердого остатка содового производства с массовой долей Cl^- иона не более 2 % - оказывает положительное влияние на физико-химические свойства почв. При этом усиливаются поступления в растения азота, фосфора, кальция, что позволяет повысить урожайность озимой пшеницы, ячменя, кукурузы, гороха, овса, сахарной свеклы на 10-20 %. Данное время планируется выпуск этого продукта на пилотной установке в малых количествах.

Комплексные минеральные добавки для балансирования рационов сельскохозяйственных животных (ТУ 6-18-3-80) и сельскохозяйственной птицы

(ТУ 6-18-25-0- 79). Комплексная минеральная добавка предназначена для балансирования рационов крупного рогатого скота по основным макро- и микроэлементам. Использование кормовых добавок позволит обеспечить поголовье крупного рогатого скота, а также птиц макро- и микроэлементами, необходимыми для балансирования и повышения питательной ценности рационов, повысить эффективность использования кормов на 2-5 %, а также увеличить прирост живой массы животноводческой продукции на 300-400 кг на 1 тонну кормовой добавки. Данное время планируется выпуск этого продукта на пилотной установке в малых количествах.

Производство силикатного кирпича на основе белитового вяжущего. Для получения, вяжущего известково-белитового типа используют сырьевую смесь из шлама дистилляции и песка. Сырьевую смесь обжигают во вращающихся печах с разложением карбоната, гидрооксида, других соединений кальция с образованием свободного оксида кальция и двухкальциевого силиката (белита), а также небольших количества алюминатов и алюмоферритов кальция. Полученный клинкер после охлаждения и помола используют для производства – силикатного кирпича, и газобетона. Данное время получено пробная партия этого продукта на пилотной установке.

Применение белитового вяжущего в производстве силикатного кирпича не изменяет его традиционную технологическую схему получения. Происходит только замена извести, получаемой из природного карбонатного сырья на белитовое вяжущее. Такая замена позволяет значительно улучшить формовочные свойства массы с сокращением времени вылеживания ее в силосе до 1,5 часов, снижается давление пара в автоклаве до 5 атм., а марочность получаемого кирпича повышается.

Таблица 3.

Прочностные показатели силикатного кирпича, изготовленного на основе известково-белитового вяжущего

Плотность, кг/м^3	Предел прочности, МПа				Морозостойкость
	При сжатии	Растяжении при изгибе	При осевом растяжении	при срезе	
2000	28,0	6,92 0,23	20,9 0,07	6,10 0,22	Более 100 циклов

Примечание. В знаменателе приведены отношения прочности кирпича на изгиб, растяжение и срез к прочности на сжатие.

Необходимо отметить высокую прочность кирпича при изгибе, равную 6,92 МПа, которая в 2 раза превышает требования к силикатному кирпичу при изгибе данной марки.

Хлористый кальций технический. Технология получения жидкого хлористого кальция основан на бассейновом упаривании с помощью солнечной энергии и получении осветленной дистиллерной жидкости. Этот способ предусматривает концентрирование солнечной энергией этой жидкости до уровня промышленной минерализации – 390-480 г/дм^3. При такой минерализации обеспечивается кристаллизация NaCl в испарительном бассейне, а массовая доля $CaCl_2$ при этом приближается к 30 %. Массовая доля прочих хлоридов, в том числе, $MgCl_2$ в пересчете на NaCl приближается к 5 %. Окончательное концентрирование до требований ГОСТ 450-77 должно производится в выпарных аппаратах с получением хлористого кальция технического (жидкого).

В ГОСТ 450-77 установлены следующие требования для технического – жидкого хлорида кальция:

- массовая доля $CaCl_2$ не менее 35 %; массовая доля прочих хлоридов, в том числе, $MgCl_2$ в пересчете на NaCl, не должна превышать при этом 3 %.

Важнейшей составляющей высокой рентабельности производства хлористого кальция технического (жидкого) будет являться высокая начальная массовая доля $CaCl_2$ до 30 % в исходном растворе, полученном за счет использования гелиотехнологий. По мировым аналогам начальная массовая доля $CaCl_2$ в очищенных хлоридно-кальциево- натриевых растворах содовых производств ниже в 2 и более раза, т.е. не превышает 10-13 %.

Данное время получено пробная партия этого продукта на лабораторных условиях, планируется производство на пилотной установке в малых количествах.

Возможны следующие традиционные области применения хлористого кальция:

- эксплуатация автомобильных дорог (устранение снежно-ледовых образований зимой и обеспыливание летом);
- строительная отрасль (ускоритель твердения бетонов и цементных растворов, противоморозная добавка);
- нефтегазодобывающая промышленность (ремонт скважин, бурение);
- химическая промышленность (обессульфачивание растворов, осушка газовых и жидких сред, системы кондиционирования воздуха);
- предотвращение смерзаемости сыпучих материалов при транспортировке (песок, руды, уголь и др.);
- угольная промышленность (пылеподавление);
- балластировка автомобильных и тракторных шин;
- холодильная техника (приготовление хладоносителя).

Заключение

В современных условиях уделяется большое внимание защите окружающей природной среды от вредных производственных воздействий от промышленных отходов. В частности, особое значение имеют химические отходы как дистиллерная жидкость, которые имеют в своем составе достаточное количество хлоридов кальция и натрия.

Из них могут быть получены:

- Мелиорант для известкования кислых и солонцовых почв (ТУ 6-18-37-85);
- Комплексные минеральные добавки для балансирования рационов сельскохозяйственных животных (ТУ 6-18-3-80) и сельскохозяйственной птицы (ТУ 6-18-25-079);
- Производство силикатного кирпича на основе белитового вяжущего;
- Хлористый кальций технический ГОСТ 450-77;

Предлагаемые технологии является природоохранной и разработана с целью утилизации отходов содового производства.

Список литературы:

1. Зайцев И.Д., Ткач Г.А., Стоев Н.Д. Производство соды. – М.: Химия, 1986. – 210 с.
2. Производство соды по малоотходной технологии: Монография/Ткач Г.А., Шапорев В.П., Титов В.М. – Х.: ХГПУ, 1998. – 429 с.
3. Федотьев П.П. Сборник Исследовательских работ. – Л.: 1936 - 86 с.
4. Постоянный технологический регламент цеха АДКФ ООО СП «Кунградский содовый завод».
5. Инструкция по контрольному анализу производства кальцинированной соды утвержденный 07.04.2021 г.
6. ГОСТ 450-77 Технический хлорид кальция $CaCl_2$.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБЕСФТОРИВАНИЯ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ФОСФОРИТОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ В ПРИСУТСТВИИ СОЕДИНЕНИЙ КИСЛОТНОРАСТВОРИМОЙ ОКИСИ КРЕМНИЯ

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

Мирзакулов Холтура Чориевич
профессор
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: khchmirzakulov@mail.ru

Насриддинов Аьзам Умаралиевич
начальник управления координации
и технического развития производства,
АО «Ammofos-Maxat»,
Республика Узбекистан, г. Алмалык

Волынскова Надежда Владимировна
д-р техн. наук, главный технолог,
АО «Ammofos-Maxat»,
Республика Узбекистан, г. Алмалык

Садыков Баходир Багирович
канд. техн. наук, директор по производству,
АО «Ammofos-Maxat»
Республика Узбекистан, г. Алмалык

INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF DEFLUORIDATION OF EXTRACTION PHOSPHORIC ACID FROM PHOSPHORITES OF CENTRAL KYZYLKUMS IN THE PRESENCE OF ACID-SOLUBLE SILICON OXIDE COMPOUNDS

Gavkhar Melikulova
Associate professor
of Tashkent institute of chemical technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Kholtura Mirzakulov
Professor
of Tashkent institute of chemical technology,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Azam Nasriddinov
Head of the department
of coordination and technical development
of production of "Ammofos-Maxam" JSC,
Republic of Uzbekistan, Almalyk

Nadezhda Volynskova
Doctor of technical sciences,
chief technologist of "Ammofos-Maxam" JSC,
Republic of Uzbekistan, Almalyk

Библиографическое описание: ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБЕСФТОРИВАНИЯ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ИЗ ФОСФОРИТОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КЫЗЫЛКУМОВ В ПРИСУТСТВИИ СОЕДИНЕНИЙ КИСЛОТНОРАСТВОРИМОЙ ОКИСИ КРЕМНИЯ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. Меликулова Г.Э. [и др.]. 2024. 1(118). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16671*

Bakhodir Sadykov
Ph.D., director of production
of "Ammofos-Maxam" JSC,
Republic of Uzbekistan, Almalyk

АННОТАЦИЯ

Цель исследования: получение более чистой кормовой соли фосфатов. В качестве сырья для кормовой соли использована экстракционная фосфорная кислота, полученная из мытого обожжённого фосконцентрата Центральных Кызылкумов. В данной статье исследованы оптимальные технологические параметры процесса концентрирования и глубокого обесфторивания экстракционной фосфорной кислоты в зависимости от нормы диатомита, времени продувки паровоздушной смеси, концентрации кислоты. Оптимальные нормы составили: норма диоксила кремния SiO_2 120-125%, время продувки 30-40 минут, концентрация предварительно упаренной кислоты - 40-50 % P_2O_5. При этом степень обесфторивания составляет 99,67-99,89% и остаточные фторы в кислоте – 0,0082-0,0042%.

ABSTRACT

Purpose of the study: obtaining purer feed phosphate salt. Extraction phosphoric acid obtained from washed burnt phosphorus concentrate of the Central Kyzylkum region was used as a raw material for feed salt. This article examines the optimal technological parameters of the process of concentration and deep defluoridation of extraction phosphoric acid depending on the rate of diatomite, the time of purging the steam-air mixture, and the acid concentration. The optimal standards were: silicon dioxyl SiO_2 rate 120-125%, purge time 30-40 minutes, concentration of pre-evaporated acid – 40-50% P_2O_5. In this case, the degree of defluoridation is 99.67-99.89% and residual fluoride in acid is 0.0082-0.0042%.

Ключевые слова: экстракционная фосфорная кислота, обесфторивание, упарка, кислотнорастворимые окиси кремния, диатомит, отдувка.

Keywords: extraction phosphoric acid, defluoridation, evaporation, acid-soluble silicon oxides, diatomaceous earth, stripping.

Введение

Исследованию процесса обесфторивания экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК), полученной из мытого обожжённого фосконцентрата (МОФК) Центральных Кызылкумов (ЦК), фосфоритов Каратау и других месторождений фосфоритов и апатитов, посвящено множество работ. Рассмотрены процессы обесфторивания методом осаждения, упаркой кислоты с извлечением фтористых соединений или органическими растворами с извлечением не только фтористых, но и сопутствующих других примесей, таких как соединений одно-, двух- и трёх валентных металлов [4, 7, 8, 10]. Однако - этими способами не достигалось глубокое обесфторивание ЭФК или в них используются дорогостоящие органические растворы, технологии являются относительно сложными и энергоёмким.

ЭФК, получаемая в дигидратном режиме сернофосфорнокислотной экстракцией природных фосфатов в зависимости от их химического состава, содержит суммарно до 15 масс.% примесей. Основными из них являются:

катионы: Ca^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, Na^{+}, K^{+}, Mg^{2+}, Ti^{4+}, Pb^{2+}, NH_4^{+} и др.

анионы: SO_4^{2-}, HSO_4^{-}, F^{-}, SiF_6^{2-}, AsO_4^{3-}, Cl^{-}, NO_3^{-}, CO_3^{2-} др.

Из перечисленных примесей наиболее токсичными являются соединения фтора, к которым относятся преимущественно кремнефториды, такие как H_2SiF_6, $Fe_2(SiF_6)_3$, $Al_2(SiF_6)_3$ и т.д., а также фториды – HF, CaF_2, AlF_3 и др. Все они входят в состав ЭФК и при обесфторировании выделяются в газовую фазу в виде летучих соединений фторид кремния SiF_4 и плавиковая кислота HF. Примеси алюминия и железа образуют трудно разрушаемые комплексные соединения $[AlF_2]^{+}$, $[AlF_6]^{3-}$ и т.п. [4, 6, 8, 9].

Известные способы по обесфториванию ЭФК показывают, что более эффективным является упаривание кислоты в присутствиии реагента, содержащего кислотнорастворимые окиси кремния [1, 5]. При этом одновременно концентрируется и относительно глубоко обесфторируется ЭФК, тем самым уменьшаются энергозатраты и упрощаются технологические процессы. Однако исследования ЭФК, полученной из МОФК ЦК, имеющих отличия по химическому составу и свойствам ранее не проводились.

Материалы и методы

ЭФК использовали по TSh 6.6-21:2018 производства АО «Ammofos-Maxam» получена из МОФК производства АО «Кызылкумский фосфоритовый комбинат» по O'zDSt 2825:2014. В качестве содержащего кислотнорастворимого диоксида кремния использован диатомита ДП-02-10, содержащий 78,0% активного SiO_2.

Для проведения экспериментальных исследований использовали ЭФК, карбонат натрия, метасиликат натрия, МОФК. Химический состав использованного сырья приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Химический состав использованного сырья

Реагент	Химический состав, масс. %						
	P_2O_5	SO_3	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	F
ЭФК (исх.)	18,31	2,32	0,31	1,12	1,36	0,93	1,25
Обесф. ЭФК (обр.1)	17,02	0,23	1,58	0,49	0,38	0,25	0,30
Обесф. ЭФК (обр.2)	16,98	0,20	2,09	0,80	0,38	0,25	0,32

Обесфторенную ЭФК получали очисткой исходной ЭФК от анионов фтора и сульфата осадительным методом, в присутствии карбонатов и силикатов натрия и МОФК при температуре 60-80°С в течение 30-60 минут.

В начале экспериментов по обесфториванию и концентрированию предварительно обессульфаченной исходной ЭФК, полученной из фосфоритов ЦК известным способом [11], проводилась упарка ЭФК в лабораторных условиях на электрической плите при постоянном перемешивании. Химический состав которых приведены в таблице 2.

Постановочные опыты выполнялись на лабораторной модельной установке, состоящей из стеклянного реактора, снабженного электромеханической мешалкой, установленной в термостатированной стеклянной ёмкости. Выделяющиеся при обесфторивании газы HF и SiF_4 поглощались щелочными водными растворами. Растворы анализировали на содержание соединений фтора и кремния химическими методами [2, 3].

В следующих экспериментальных исследованиях обесфторивание и концентрирование исходной ЭФК проводили при температуре 90-100°С барботированием паровоздушной смеси воздуха со скоростью 1,3 л/мин, при температуре паровоздушной смеси 300-400°С, при поддержании постоянной концентрации P_2O_5 путём добавления дистиллированной воды. В качестве активного кислотнорастворимого кремнийсодержащего реагента был использован диатомит ДП-02-10, содержащий 78% SiO_2 с удельной поверхностью 32-34 $м^2/г$. Экспериментальные данные приведены в таблице 4.

При проведении процесса обесфторивания в пенном режиме с применением перегретого пара и паровоздушной смеси могут быть достигнуты высокие значения степени обесфторивания ЭФК, полученного из МОФК ЦК. Глубокое обесфторивание происходит при повышении концентрации кислоты до 55% (45-55%) P_2O_5, поэтому обесфторивание разбавленных кислот экономически нецелесообразно ввиду значительного расхода пара на упарку кислоты.

Как известно из литературных данных [4; 10], что фтор в упаренной ЭФК, полученной из МОФК ЦК, содержится, в основном, в виде фторида и кремнефторида ионов и фторкомплексов алюминия типа $2Al_x^{3-x}$ (x=1-6). Кроме того, в растворах присутствует незначительное количество монофторфосфорной кислоты и недиссоцированной HF, так как ЭФК, полученного из фосфоритов ЦК содержат относительно меньшее количество кислотнорастворимого кремния и большее количество HF. Наличие в фосфорнокислых растворах фторкомплексов алюминия и фторфосфорных кислот уменьшает упругость паров фтористых соединений над ЭФК и замедляет процесс ее обесфторивания.

Поэтому интенсификация процесса отдувки фтора из ЭФК может быть достигнута только при создании условий, способствующих разрушению фторкомплексов алюминия и фторфосфорных кислот. Таким условиями являются: повышение температуры, увеличение концентрации P_2O_5 и H_2SO_4 в растворе, введение кремнийсодержащих добавок. В частности, активная роль диатомита в данном случае обусловлена снижением устойчивости монофторфосфорной кислоты и протеканием процесса по уравнению:

$$2AlF_2^+ + SiO_2 + 4H^+ = SiF_4 + 2Al^{3+} + 2H_2O$$

Для ускорения процесса обесфторивания необходимо создать условия, обеспечивающий эффективный способ выделения и отдувки SiF_4 и HF из ЭФК в газовую фазу за счет интенсивной турбулизации газового потока и его дробления. В связи с этим, были проведены исследования по концентрированию и глубокому обесфториванию предварительно упаренной ЭФК методом отдувки, обеспечивающей интенсивную турбулизацию газового потока и дробления (в имитирующих условиях барботажного выпарного аппарата) в присутствии диатомита в зависимости от нормы кислотнорастворимого окиси кремния, время обесфторивания и концентрации предварительно упаренной кислоты. Результаты исследований приведены в таблице 5.

Результаты и их обсуждение

Из проведенных в табл. 2 данных видно, что с концентрированием ЭФК содержание всех компонентов кислоты увеличивается пропорционально повышению P_2O_5, за исключением фтора. Содержание фтора снижается с 1,20% до 0,22% (столбец 8), тогда как содержание оксида кальция повышается с 0,37% до 1,39% при содержании 59,95% P_2O_5 (столбец 3), магния с 0,49% до 1,73%, оксида железа с 0,36% до 0,95%, оксида алюминия с 0,43% до 1,27%, сульфат ионов с 0,31% до 0,82%.

Таблица 2.

Химический состав упаренных экстракционных фосфорных кислот из фосфоритов Центральных Кызылкумов

№	Химический состав, масс. %							Степень обесфторивания, (%)
	P_2O_5	CaO	MgO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SO_4^{2-}	F	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	17,12	0,37	0,49	0,36	0,43	0,31	1,20	-
2	25,08	0,56	0,72	0,47	0,61	0,41	1,02	15,00
3	35,20	0,80	1,01	0,62	0,83	0,55	0,71	40,83
4	40,19	0,91	1,15	0,70	0,94	0,62	0,55	45,83
5	45,12	1,04	1,30	0,77	1,04	0,69	0,40	66,67
6	50,29	1,14	1,44	0,83	1,11	0,74	0,30	75,83
7	55,11	1,25	1,59	0,88	1,18	0,79	0,24	80,07
8	59,95	1,39	1,73	0,95	1,27	0,82	0,22	81,17

Исследования реологических свойств упаренных кислот показали, что с увеличением содержания P_2O_5 их плотность и вязкость повышаются, а с повышением температуры снижаются (табл. 3).

Таблица 3.

Влияние концентрации и температуры на плотность и вязкость упаренных фосфорных кислот

№	Конц-я ЭФК	Плотность, г/см^3					Вязкость, мПа·с				
		20°C	40°C	60°C	80°C	100°C	20°C	40°C	60°C	80°C	100°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	17,12	1,138	1,128	1,121	1,118	1,110	2,155	1,426	1,087	1,021	0,928
2	25,08	1,269	1,258	1,251	1,247	1,239	3,821	2,527	1,757	1,405	1,194
3	35,20	1,379	1,366	1,358	1,355	1,347	9,101	6,021	4,187	3,346	2,811
4	40,19	1,468	1,455	1,446	1,442	1,434	17,882	11,832	8,227	6,575	5,457
5	45,12	1,551	1,536	1,527	1,523	1,514	29,772	19,698	13,697	10,946	8,866
6	50,29	1,622	1,607	1,597	1,593	1,583	41,640	28,953	23,138	18,510	15,734
7	55,11	1,688	1,672	1,663	1,661	1,651	53,510	38,201	32,579	26,068	22,601

Так, при 20°C исходная ЭФК из фосфоритов ЦК предварительно частично очищенная от фтора и сульфатов с содержанием 17,12% P_2O_5 имеет плотность 1,138 г/см^3, а кислота с содержанием 55,11% P_2O_5 имеет плотность 1,688 г/см^3 (столбец 3). Повышение температуры с 20°C до 100°C приводит к снижению плотности: кислоты с содержанием 55,11% P_2O_5 с 1,688 г/см^3 до 1,651 г/см^3 (строка 7).

Аналогичные зависимости наблюдаются и для вязкости упаренных кислот. Так, при температуре 20°C вязкость кислоты с содержанием 17,12% P_2O_5 составляет 2,155 мПа·с, то с содержанием 55,11% P_2O_5 она достигает 53,510 мПа·с (столбец 8). При температуре 100°C эти показатели снижаются до 0,928 мПа·с (строка 1) и 22,601 мПа·с (строка 7), соответственно. При концентрации P_2O_5 в ЭФК выше 59,95% масса становится плохо текучей.

Опыты по обесфториванию исходной неупаренной ЭФК показали, что ЭФК с концентрацией 50,29% и 55,11% P_2O_5 содержат 0,30% и 0,23% фтора, соответственно. При таком содержании фтора в ЭФК получить кормовые фосфатные соли сложно и требуется дополнительная очистка.

Проведенные опыты обесфторивания ЭФК в присутствии диатомита, показывают, что время обесфторивания (до 0,08% фтора) практически не зависит от его начального содержания. Это, а также вид кинетических кривых, фиксирующий наибольшую скорость процесса при относительно высоком содержании фтора, показывают, что наиболее трудно удаляемыми являются незначительные количества химически связанного фтора.

Из данных таблицы 4 видно, что достижение высокой степени обесфторивания связано с повышением концентрации P_2O_5 и температуры процесса (Степень обесфторивания рассчитывалась относительно предварительно упаренной кислоты).

Таблица 4.

Результаты опытов по обесфториванию исходной экстракционной фосфорной кислоты методом отдувки в присутствии диатомита

Время обесфторивания, (мин)	Химический состав кислоты, (%)				Степень обесфторивания, (%)
	исходной		обесфторенной		
	P_2O_5	F	P_2O_5	F	
1	2	3	4	5	6
Норма SiO_2, % 100					
30	17,20	1,19	54,17	0,14	96,3
40	17,48	1,24	54,82	0,13	96,5
60	18,13	1,27	55,29	0,11	96,9
Норма SiO_2, % 125					
30	17,02	1,19	53,72	0,08	97,7
40	17,48	1,24	55,31	0,07	98,0
60	18,13	1,27	55,94	0,07	98,2
Норма SiO_2, % 150					
30	17,02	1,19	56,03	0,06	98,5
40	17,48	1,24	56,15	0,06	98,5
60	18,13	1.27	56,87	0,05	98,7

С увеличением нормы кислотнорастворимой окиси кремния от 100% до 125% и от 125% до 150% при времени обесфторивания 30 минут содержание F уменьшается до 1,4% и 0,8%, при 40 минут составляет 1,9% и 0,5%, соответственно (столбец 5). При норме окиси кремния 100%; 125% и 150% с увеличением времени обесфторивания от 30 до 60 минут степень обесфторирования повышается и равна, соответственно, 96,9%, 98,2 и 98,7%.

При методе отдувки и в присутствии диатомита (таблица 5) установлено, что с увеличением нормы кислотнорастворимой окиси кремния от 100 до 150% и от 125 до 150% при времени обесфторивания 30 минут степень обесфторивания увеличивается 98,79% и 99,79 при 40 минут она составляет 0,9% и 0,02%, соответственно.

Таблица 5.

Влияние технологических параметров на обесфторивание предварительно упаренной (P_2O_5 – 45-55%) экстракционной фосфорной кислоты методом отдувки в присутствии диатомита

Опыт	Время обесфторивания, (мин)	Состав кислоты, (%)				Степень обесфтори-вания, (%)
		упаренной		обесфторенной		
		P_2O_5	F	P_2O_5	F	
Норма SiO_2 (диотамит) 100%						
1	30	45,12	0,40	54,21	0,012	98,79
2	40			54,80	0,011	98,82
3	50			55,32	0,0085	98,88
4	30	50,29	0,29	53,85	0,0067	99,17
5	40			55,36	0,0063	99,21
6	50			55,89	0,0058	99,24
Норма SiO_2 (диотамит) 125%						
7	30	45,12	0,40	54,17	0,0082	99,79
8	40			54,82	0,0077	99,81
9	50			55,29	0,0065	99,84
10	30	50,29	0,29	53,72	0,0047	99,88
11	40			55,31	0,0041	99,89
12	50			55,94	0,0041	99,89
13	30	55,11	0,22	56,03	0,0035	99,91
14	40			56,15	0,0035	99,91
15	50			56,87	0,0029	99,93

Опыт	Время обесфто-ривания, (мин)	Состав кислоты, (%)				Степень обес-фтори-вания, (%)
		упаренной		обесфторенной		
		P_2O_5	F	P_2O_5	F	
Норма SiO_2 (диотамит) 150%						
16	30	45,12	0,40	54,27	0,0081	99,81
17	40			54,88	0,0075	99,83
18	50			55,34	0,0063	99,86
19	30	50,29	0,29	53,86	0,0045	99,89
20	40			55,38	0,0040	99,90
21	50			55,97	0,0039	99,92

С увеличением нормы кислотнорастворимой окиси кремния от 100 до 125% и от 125 до 150% при времени обесфторивания 30 минут содержание фтора уменьшается 1,0% и 0,02%, при 40 минут она составляет 0,9% и 0,02%, соответственно. При норме окиси кремния в пределах 100%; 125% и 150% с увеличением времени обесфторирования от 30 и 60 минут и концентрации P_2O_5 в ЭФК от 45,12% до 55,29% степень обесфторирования незначительно повышается, т.е. на 0,45%; 0,14% и 0,11%, соответственно. Расход пара на обесфторивание предварительно упаренной кислоты составляет 0,4 - 0,7 кг/кг кислоты.

Выводы. Таким образом, при обесфторировании предварительно упаренного ЭФК в присутствии кислотнорастворимой окиси кремния – диатомита с помощью паровоздушной смеси методом отдувки – имитирующие процессы происходящие в барботажных выпарных аппаратах получены: при нормах окиси кремния - 110-125%, времени обесфторирования 30-40 минут, концентрации предварительного упаренного ЭФК 45,0-50,% P_2O_5, при котором степени обесфторивания исходного ЭФК из фосфоритов ЦК составляет 99,79 – 99,89% и остаточного содержание фтора в обесфторенном ЭФК - 0,0082-0,0042%, что приемлемы для получения кормовых солей фосфатов, отвечающих всем требованиям, предъявляемым к кормовым фосфатам.

Список литературы:

1. Бушуев Н.Н. Физико–химические основы влияния примесей фосфатного сырья и технология фосфорсодержащих минеральных удобрений и чистых веществ: дис. …докт. тех. наук. - М.: РХТУ, 2000.
2. Винник М.М., Ербанова Л.Н. и др. Методы анализа комплексных удобрений. – М.: Химия. 1975. – 218 с.
3. Кельман Ф.Н., Бруцкус Е.Б., Ошерович Р.И. Методы анализа при контроле производства серной кислоты и фосфорных удобрений. – М.: Госхимиздат, 1982. 352 с.
4. Кочетков С.П., Смирнов Н.Н., Ильин А.П., Концентрирование и очистка экстракционной фосфорной кислоты: Монография / ГОУВПО Иван. Гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2007. 304 с. ISBN 5-96160212-5.
5. Кочетков С.П. Научные основы высокоэффективных процессов комплексной переработки фосфорсодержащего сырья: дис. …докт. тех. наук – Иваново: ИГХТУ, 2004.
6. Левин Б.В., Гриневич А.В., Мошкова В.Г. Разработка технологии получения ОФК пищевого качества из Хибинской ЭФК // Труды НИУИФ. 85 лет. – 2004. - С. 105 - 119.
7. Мирзакулов Х.Ч. Разработка эффективной технологии обесфторивания экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов Каратау. / Дисс. … к.т.н. – Ташкент, 1993. – 170 с.
8. Мирзакулов Х.Ч., Волынскова Н.В., Садиков Б.Б., Меликулова Г.Э. Теоретические основы и технология кормовых фосфатов аммония, кальция и калия на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов. – Ташкент: «Fan va ta'lim» нашриёти, 2023. – 304 с. ISBN 978-9943-9073-0-0
9. Патент № 1502038 Российская Федерация, МПК B01D1/14. Способ получения очищенной ортофосфорной кислоты / Кочетков С.П.; Смирнов Н.Н.; Хромов С.В.; Лембриков В.М.; Парфенов Е.П.; Малахова Н.Н.; Ильин А.П.; Бушуев Н.Н.; Никитин В.Г.; заявл. 2003.07.31 опубл. 23.08.89. Бюл. №31.
10. Ходжамкулов С.З. Разработка технологии обесфторивания экстракционной фосфорной кислоты из термоконцентрата Центральных Кызылкумов с получением фторидов натрия и кальция. / Дисс. … канд. техн. наук. – Ташкент, ИОНХ АН РУз. 2009. – 135 с.
11. Ходжамкулов С.З., Номозов А.К., Меликулова Г.Э., Мирзакулов Х.Ч. Исследование обесфторивание экстракционной фосфорной кислоты Центральных Кызылкумов в присутствии оксида кремния. / Universum: Технические науки: электр. науч. журн. 2019. №2 (59). URL:http://7universum/com/tech/archeve/item/6952. - С. 89-92.

ЭНЕРГЕТИКА

DOI - 10.32743/UniTech.2024.118.1.16685

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМАШНИХ СОЛНЕЧНЫХ СИСТЕМ

Рудович Егор Юрьевич
директор,
Частное предприятие "Белремавтосервис"
Республика Беларусь, г. Минск
E-mail: 6713020@gmail.com

DEVELOPMENT OF ENERGY EFFICIENT HOME SOLAR SYSTEMS

Rudovich Yahor
Director,
Private enterprise "Belremavtoservice"
Minsk, Republic of Belarus

АННОТАЦИЯ

Солнечная энергия уже давно признана устойчивой альтернативой ископаемому топливу. Но высокая стоимость оборудования, включая солнечные панели и батареи, заставила многих домовладельцев отказаться от них. Однако, благодаря технологическим инновациям, цены на домашние солнечные энергосистемы стали существенно доступнее, чем они были в прошлом.

Солнечные домашние системы (SHS) представляют собой автономные фотоэлектрические системы, которые предлагают экономичный способ подачи электроэнергии для освещения и бытовой техники удаленным от сети домохозяйствам. Данные системы позволяют избежать выбросов парниковых газов за счет сокращения использования традиционных энергоресурсов, таких как керосин, газ или сухие аккумуляторные батареи, или замены дизельных генераторов для выработки электроэнергии.

В связи с чем целью статьи стало рассмотрение разработки энергоэффективных домашних солнечных систем. В качестве методологической базы использовались научные труды отечественных и зарубежных авторов, а также результаты уже проведенных исследований.

ABSTRACT

Solar energy has long been recognized as a sustainable alternative to fossil fuels. But the high cost of equipment, including solar panels and batteries, has forced many homeowners to abandon them. However, thanks to technological innovations, prices for home solar power systems have become significantly more affordable than they were in the past.

Solar Home Systems (SHS) are self-contained photovoltaic systems that offer an economical way to supply electricity for lighting and household appliances to households far from the grid. These systems help to avoid greenhouse gas emissions by reducing the use of traditional energy resources such as kerosene, gas or dry batteries, or replacing diesel generators to generate electricity.

In this regard, the purpose of the article was to consider the development of energy-efficient home solar systems. Scientific works of domestic and foreign authors, as well as the results of already conducted research, were used as a methodological basis.

Ключевые слова: энергия, свет, возобновляемые источники, солнечные системы, солнце.
Keywords: energy, light, renewable sources, solar systems, the sun.

Введение

Энергетика представляет собой ключевую отрасль современной экономики государства. В последние десятилетия способы генерации энергии по всему миру изменяются в соответствии с соотношением используемых видов топлива. В структуре производства электроэнергии в России преобладают тепловые электростанции – 68,4 %, атомные – 10,6 % и гидравлические – 21 %. На долю возобновляемых источников энергии приходится около 0,9% . Россия, как и другие страны мирового сообщества, обеспокоена проблемами экологии, поэтому государство активно поддерживает технологии возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В некоторых случаях такие источники рассматриваются как экономически выгодный ресурс, особенно в области автономного энергоснабжения, которая охватывает более 70 % тер-

Библиографическое описание: Рудович Е.Ю. РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМАШНИХ СОЛНЕЧНЫХ СИСТЕМ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2024. 1(118). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16685*

ритории Российской Федерации. Например, отдаленные районы Крайнего Севера, Дальнего Востока и Сибири. Третий раздел документа «Энергетическая стратегия России на период до 2035 года» посвящен развитию нетрадиционных источников энергии [3].

Электричество было востребованным товаром, которым каждый может воспользоваться во многих формах возобновляемой энергии".

Энергия в жилых помещениях является жизненно важной частью повседневной жизни. Люди зависят от электричества в питании бытовых приборов, нагревании воды и обеспечении света. Потребление энергии в доме может варьироваться в зависимости от размера семьи. Существует множество способов выработки электроэнергии в домашних условиях, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

Рисунок 1. Наземные солнечные батареи, установленные в сельской местности

Вырабатывая электроэнергию дома, возможно сократить выбросы углекислого газа, счета за коммунальные услуги и загрязнение окружающей среды, вызванное коммерческим производством электроэнергии с использованием ископаемого топлива. В дополнение к снижению загрязнения, производство электроэнергии с использованием экологически чистой энергии предлагает налоговые вычеты и кредиты, доступные для тех, кто использует экологически чистую энергию [5].

1. Типы солнечных панелей для дома

При выборе солнечных панелей для установки крайне важно подобрать оптимальный тип, который соответствует потребностям и обеспечивает максимальную эффективность их использования. Существует три основных типа солнечных панелей, которые обычно применяются в домашних условиях: монокристаллические, поликристаллические и тонкопленочные.

Монокристаллические панели, которые изготавливаются из монокристаллической структуры, что делает их весьма эффективными и компактными. Они обладают гладким черным внешним видом и известны своей высокой долговечностью.

Поликристаллические панели, напротив, создаются из различных кристаллических структур. Они более доступны по цене, но немного менее эффективны по сравнению с монокристаллическими панелями.

И, наконец, тонкопленочные солнечные панели изготавливаются путем нанесения тонкого слоя фотоэлектрического материала на подложку. Они гибкие и легкие, что делает их подходящими для нестандартных установок.

Для обеспечения эффективной домашней солнечной энергетической системы необходимо осознать ключевые составляющие, которые обеспечивают ее работу [2].

Высокое поступление солнечной фотоэлектрической энергии (PV) с использованием сетевой фотоэлектрической системы может вызвать проблемы с передачей энергии по сети. Распределенная генерация энергии с накоплением энергии - хороший выбор для решения этой проблемы. Однако стоимость накопления энергии очень высока, и солнечная фотоэлектрическая система может быть неэкономичной.

Хсу и др. разработали гибридную солнечную фотоэлектрическую систему (HyPV), как показано на рис. 2. HyPV работает в автономном фотоэлектрическом режиме или в сетевом режиме автоматически с использованием технологии переключения. Солнечная энергия в сеть не подается. Когда доступна солнечная энергия, включая выработку фотоэлектрической энергии и аккумуляторы, она работает в режиме фотоэлектрической энергии, а нагрузка полностью питается от солнечной энергии как автономный фотоэлектрический источник. Когда выработка фотоэлектрической энергии и накопление батареи заканчиваются, устройство переключается в сетевой режим через ATS (автоматический переключатель передачи). Нагрузка полностью питается от сети, и аккумулятор снова заряжается от солнечной фотоэлектрической батареи. HyPV переключится обратно в фотоэлектрический режим, когда аккумулятор зарядится определенным количеством энергии.

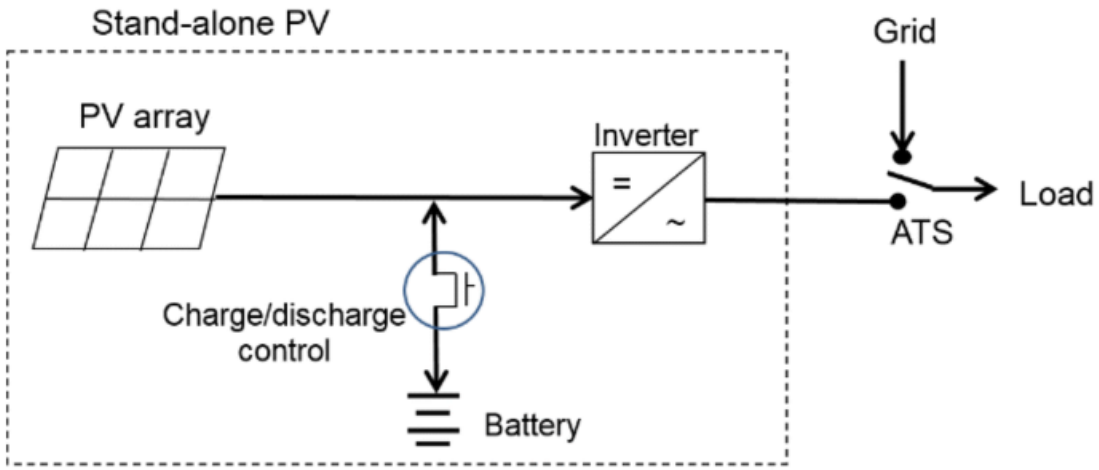


Рисунок 2. Принципиальная схема HyPV

Далее была предложена солнечная домашняя система, вырабатывающая электроэнергию с использованием HyPV с накопителем для самостоятельного потребления. Фотоэлектрическая система такого типа обычно небольшого размера (1-3 кВт) и выглядит как бытовой прибор. Таким образом, ее можно комбинировать с системой горячего водоснабжения, поскольку в домашнем хозяйстве всегда есть потребность в горячей воде. Поскольку тепловое хранилище намного дешевле аккумуляторной батареи, это значительно снизит стоимость хранения энергии.

Поскольку в HyPV солнечная фотоэлектрическая энергия не подается в сеть, накопитель энергии должен быть достаточно большим, чтобы избежать потерь при выработке фотоэлектрической энергии. Электрический водонагреватель используется для накопления фотоэлектрической энергии в виде тепла для обеспечения достаточной емкости аккумулятора, называется “солнечная домашняя система HyPV” (рис.3.). В режиме PV энергия PV будет накапливаться в виде горячей воды (тепловой аккумулятор) электронагревателем через ATS2 при полной зарядке аккумулятора. Поскольку тепловое хранилище намного дешевле аккумуляторной батареи, двойное накопление энергии снизило бы общую стоимость солнечной домашней системы HyPV.

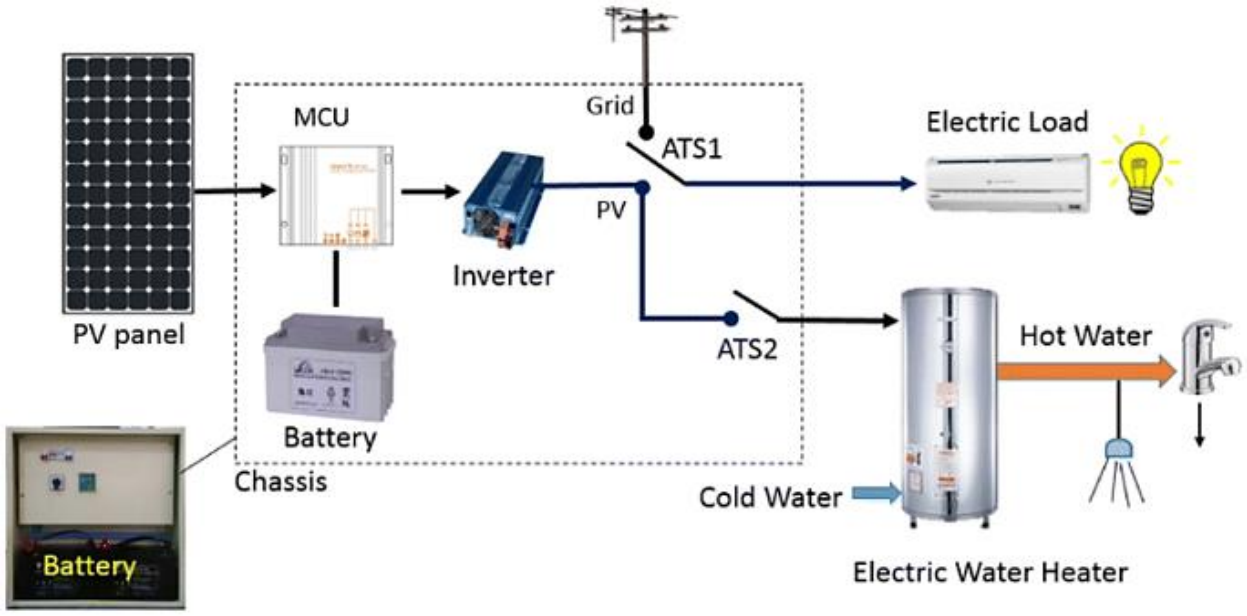


Рисунок 3. HyPV солнечная домашняя система с двойным накопителем энергии

Боклиш обсудил гибридное накопление энергии (HESS) для управления потоком энергии при снижении пиковых нагрузок. Ли теоретически исследовал систему солнечного освещения с батареей и обогревателем, которая накапливает фотоэлектрическую энергию в дневное время, когда батарея заряжена.

Акбария и др. рассмотрели все типы систем накопления энергии, которые могут быть интегрированы с фотоэлектрической системой, состоящей из накопителей электрической и тепловой энергии. Обсуждается интеграция фотоэлектрических накопителей энергии в интеллектуальные здания, а также роль фотоэлектрических накопителей энергии в контексте будущих разработок в области хранения энергии [1].

2. Эффективность панелей

Эффективность солнечных панелей измеряется в стандартных условиях тестирования (STC) на основе температуры элемента 25 ° C, солнечной освещенности 1000 Вт / м^2 и массы воздуха 1,5. КПД солнечной панели (%) рассчитывается путем деления номинальной мощности модуля (Вт), или Pmax, на общую площадь панели в квадратных метрах при уровне освещенности 1000 Вт / м2 (STC). По сути, это выходная мощность, деленная на потребляемую мощность, выраженная в процентах.

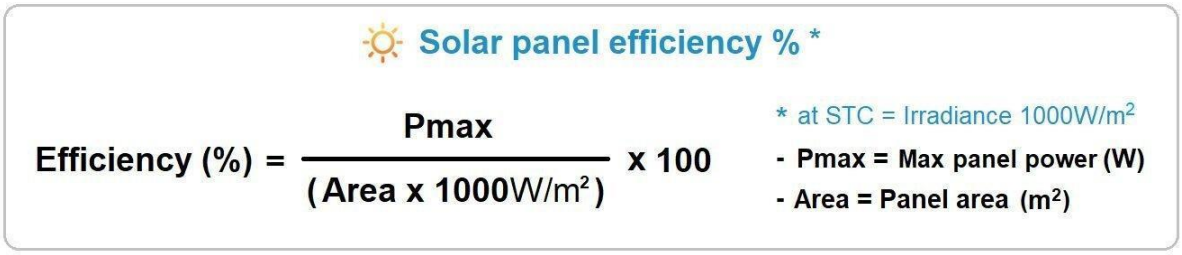


Рисунок 4. Эффективность солнечных панелей

Эффективность солнечных панелей рассчитывается путем деления номинальной мощности модуля (Pmax) на площадь (м^2) при STC (1000 Вт / м^2).

Многие факторы, включая температуру, уровень освещенности, тип элемента и взаимосвязь элементов, могут влиять на общую эффективность панели. Удивительно, но даже цвет защитного заднего листа может повлиять на эффективность. Черная задняя панель может выглядеть более эстетично, но она поглощает больше тепла, что приводит к более высокой температуре элемента, что увеличивает сопротивление; это, в свою очередь, немного снижает общую эффективность преобразования.

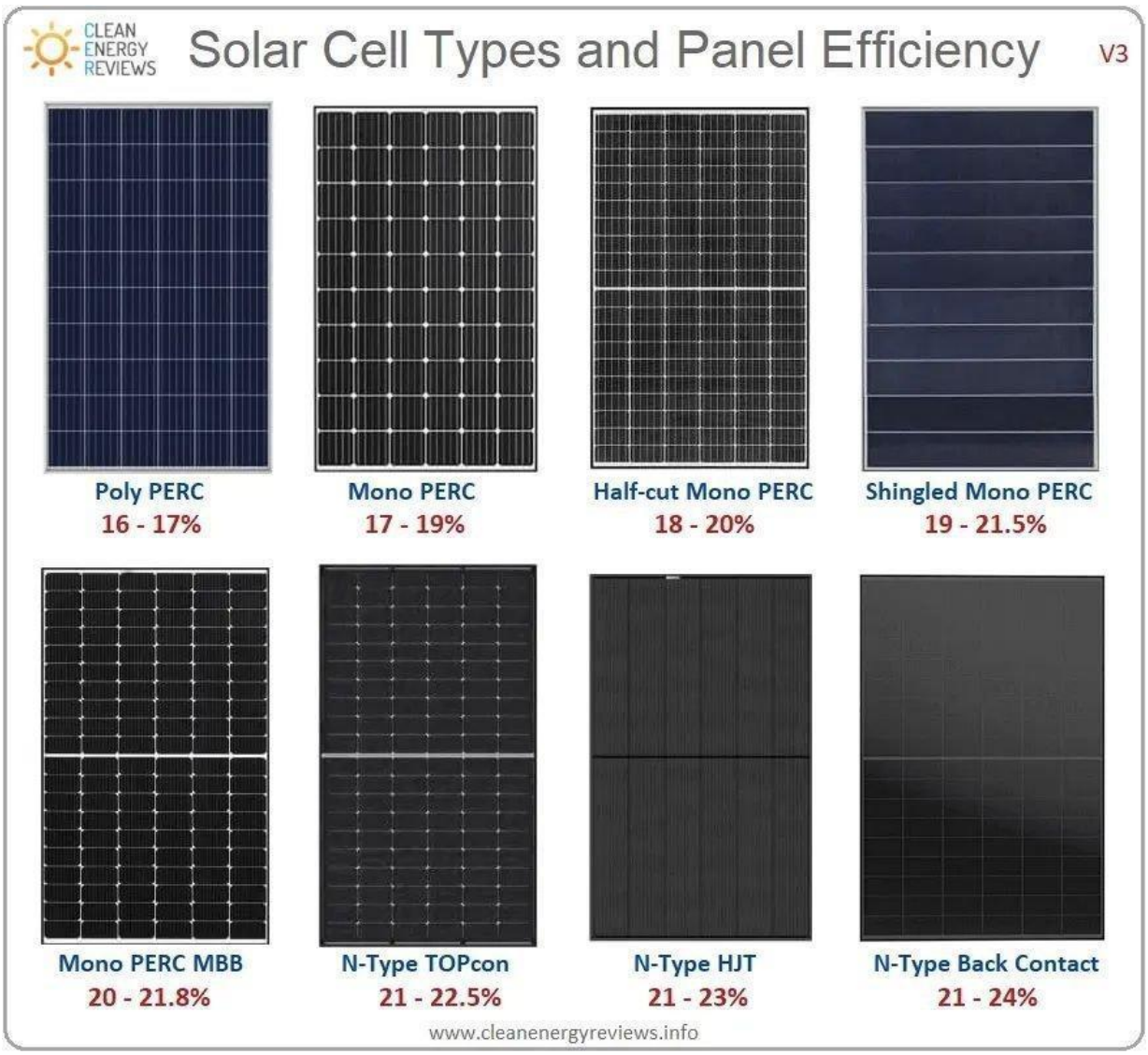


Рисунок 5. Влияние конструкции солнечных элементов на эффективность панели

Панели, построенные с использованием передовых элементов с обратным контактом или IBC, являются наиболее эффективными, далее следуют элементы с гетропереходом (HJT), элементы TOPcon, монокристаллические PERC-элементы с половинным срезом и несколькими шинами, элементы с черепицей и, наконец, моноэлементы на 60 ячеек (4-5 шин). Поли- или мультикристаллические панели на 60 элементов, как правило, являются наименее эффективными и в равной степени самыми дешевыми панелями [4, 7].

3. Соотношение затрат и эффективности

Все производители выпускают ряд панелей с различными показателями эффективности в зависимости от используемого типа кремния и от того, используются ли в них PERC, мультишинные или другие технологии элементов. Очень эффективные панели выше 21% с элементами N-типа, как правило, намного дороже, поэтому, если стоимость является серьезным ограничением, они лучше подойдут для помещений с ограниченным монтажным пространством. В противном случае можно доплатить за ту же мощность, которая может быть достигнута при использовании 1 или 2 дополнительных панелей. Однако высокоэффективные панели с использованием элементов N-типа почти всегда превосходят и переживут панели с использованием элементов P-типа из-за более низкой скорости разрушения под действием света**,** поэтому дополнительные затраты обычно оправдываются в долгосрочной перспективе.

Например, высокоэффективная панель мощностью 400 Вт + может стоить 350 долларов или больше, в то время как обычная панель мощностью 370 Вт обычно стоит около 185 долларов. Это примерно 0,50 доллара за Ватт по сравнению с 0,90 доллара за Ватт. Хотя в случае с ведущими производителями, такими как Sunpower, Panasonic и REC, более дорогие панели обеспечивают более высокую производительность при более низкой скорости разложения и, как правило, имеют более длительный срок гарантии от производителя или продукции, часто это разумная инвестиция.

4. Соотношение размера панели и эффективности

Эффективность панелей рассчитывается как номинальная мощность, деленная на общую площадь панели, поэтому простое использование панели большего размера не всегда приравнивается к повышению эффективности. Однако более крупные панели с использованием элементов большего размера увеличивают площадь поверхности элементов, что повышает общую эффективность.

В прошлом в большинстве распространенных жилых панелей использовались стандартные квадратные панели размером 6 дюймов (156 мм) с 60 ячейками, в то время как в коммерческих системах использовались панели большего формата с 72 ячейками. Однако, как объясняется ниже, в 2020 году в отрасли наметилась новая тенденция к панелям гораздо больших размеров, построенным на элементах большего размера, что повысило эффективность панелей и увеличило выходную мощность до впечатляющих 600 Вт [6].

Заключение

Разработка энергоэффективных домашних солнечных систем представляет собой важный шаг в направлении устойчивого развития и экологической эффективности. В ходе исследования данной темы было установлено, что использование солнечных систем в домашнем хозяйстве имеет значительный потенциал для снижения зависимости от традиционных источников энергии, таких как ископаемые топлива. Энергоэффективные системы на основе солнечной энергии не только способствуют сокращению выбросов углерода и загрязнения окружающей среды, но и могут значительно снизить расходы на электроэнергию.

Использование технологий солнечных панелей и накопителей энергии позволяет создавать устойчивые и независимые источники электропитания. Однако, необходимо продолжать исследования в этой области для улучшения эффективности и доступности таких систем для широкого пользования.

Список литературы:

1. Development of solar home system with dual energy storage. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-019-1000-8 – (дата обращения 25.12.2023).
2. Exploring Efficient Home Solar Power Systems. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://greenlifezen.com/exploring-efficient-home-solar-power-systems/ – (дата обращения 25.12.2023).
3. Петрушкин А.А. Инновации в разработке солнечных элементов // Молодой ученый. 2017. № 18 (152). С. 70-78.
4. Самые эффективные солнечные панели 2023 года. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.cleanenergyreviews.info/blog/most-efficient-solar-panels – (дата обращения 25.12.2023).
5. Энергоэффективные дома: способы выработки электроэнергии. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://solgenpower.com/2022/10/26/ways-of-generating-electricity-in-2022/ – (дата обращения 25.12.2023).
6. Эффективность солнечных панелей: определение и значение. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://lamiradacritica.com/ru/stories/8071-solar-panel-efficiency-definition-and-importance – (дата обращения 25.12.2023).
7. Эффективность солнечных панелей: факторы и рекомендации. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://pvplive.net/ru/solar-panel-efficiency-factors-and-recommendations/ – (дата обращения 25.12.2023).

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

DOI - 10.32743/UniTech.2024.118.1.16625

ПОСТРОЕНИЕ И РАСЧЁТ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ЦНД ТУРБИНЫ К-500-65/3000 ХТГЗ

Зверев Артём Алексеевич
инженер кафедры Турбины и Двигатели,
Уральский Федеральный университет,
РФ, г. Екатеринбург
E-mail: artemkazv@gmail.com

CONSTRUCTION AND CALCULATION OF THE ROTOR BLADE OF THE LPC TURBINE K-500-65/3000 KHTGZ

Artem Zverev
Engineer
of the Department of Turbines and Engines,
Ural Federal University,
Russia, Ekaterinburg

АННОТАЦИЯ

Предложено построение рабочей лопатки последней ступени мощной паровой турбины без физических испытаний для использования в образовательных целях при обучении студентов и специалистов. Выполнены её основные динамические и прочностные расчёты. Построена 3D модель и доказано, что рассмотренная лопатка обладает достаточной прочностью и надёжностью для возможности её длительной эксплуатации.

ABSTRACT

The construction of a rotor blade of the last stage of a powerful steam turbine without physical tests has been proposed for use for educational purposes in training students and specialists. Its basic dynamic and strength calculations have been performed. A 3D model has been built and it has been proven that the considered blade has sufficient strength and reliability to enable its long-term operation.

Ключевые слова: турбина, рабочая лопатка, 3D модель, верификация, расчеты.
Keywords: turbine, working blade, 3D model, verification, calculations.

Основным рабочим элементом паровых и газовых турбин являются рабочие лопатки, конструктивно представляющие собой профильную часть (перо) и хвостовую часть, при этом в зависимости от параметров рабочего тела и других эксплуатационных условий в состав лопатки могут входить и другие элементы, например, гребни лабиринтных уплотнений, бандажная полка, отверстия под бандажную проволоку, система охлаждения (для газовых турбин) и др. Рабочие лопатки являются одними из самых ответственных деталей турбомашин, поскольку, во-первых, именно они участвуют в преобразовании кинетической энергии потока рабочего тела в механическую энергию вращения ротора, а, во-вторых, в процессе работы данные элементы подвержены наибольшим температурным нагрузкам, а также нагрузкам от центробежных и газодинамических сил. Во многом их аэродинамическое совершенство и высокая прочность конструкции определяет характеристики турбины на этапе проектирования и процесс изменения ее общего технического состояния в процессе эксплуатации.

В работе представлен процесс создания рабочей лопатки 5-й ступени паровой турбины К-500-65/3000, удовлетворяющей всем требованиям прочности и надежности. В рамках выполнения работы были сформированы ключевые задачи:

1. Создание точной геометрии пера лопатки с целью снижения аэродинамических потерь в ступени.
2. Создание точной геометрии полной модели лопатки для обеспечения точности последующих численных исследований.
3. Обеспечение возможности использования трехмерной лопатки в различных CAD- и CAE-система.
4. Обеспечение высокой точности исследований за счет подбора наиболее подходящих параметров расчетной модели.
5. Проведение численных исследований динамики и прочности разработанной модели лопатки.
6. Верификация полученных результатов.

Библиографическое описание: Зверев А.А. ПОСТРОЕНИЕ И РАСЧЁТ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ЦНД ТУРБИНЫ К-500-65/3000 ХТГЗ ИМ. КИРОВА // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2024. 1(118). URL: *https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16625*

В общем случае, результаты работы позволяют исследовать модель лопатки в различных условиях, а также проверять конструкторские улучшения без физических испытаний. Результаты работы также могут быть использованы в образовательных целях при обучении студентов или специалистов приемам работы в CAD- и CAE-системах.

1. Построение профильной части лопатки

Построение твердотельной модели лопатки начиналось с построения пера лопатки в системе автоматизированного проектирования (САПР) верхнего уровня Creo Parametric, разработанного компанией PTC. Построение модели лопатки состоит из этапов, представленных ниже.

1.1. Создание эскизов профилей лопатки по высоте

Построение эскизов профилей лопатки осуществлялось по исходным чертежам профилей с помощью координат точек профилей и радиусов окружностей, образующих профиля. Пример одного из 15 эскизов построенных профилей представлен на **Ошибка! Источник ссылки не найден.**.

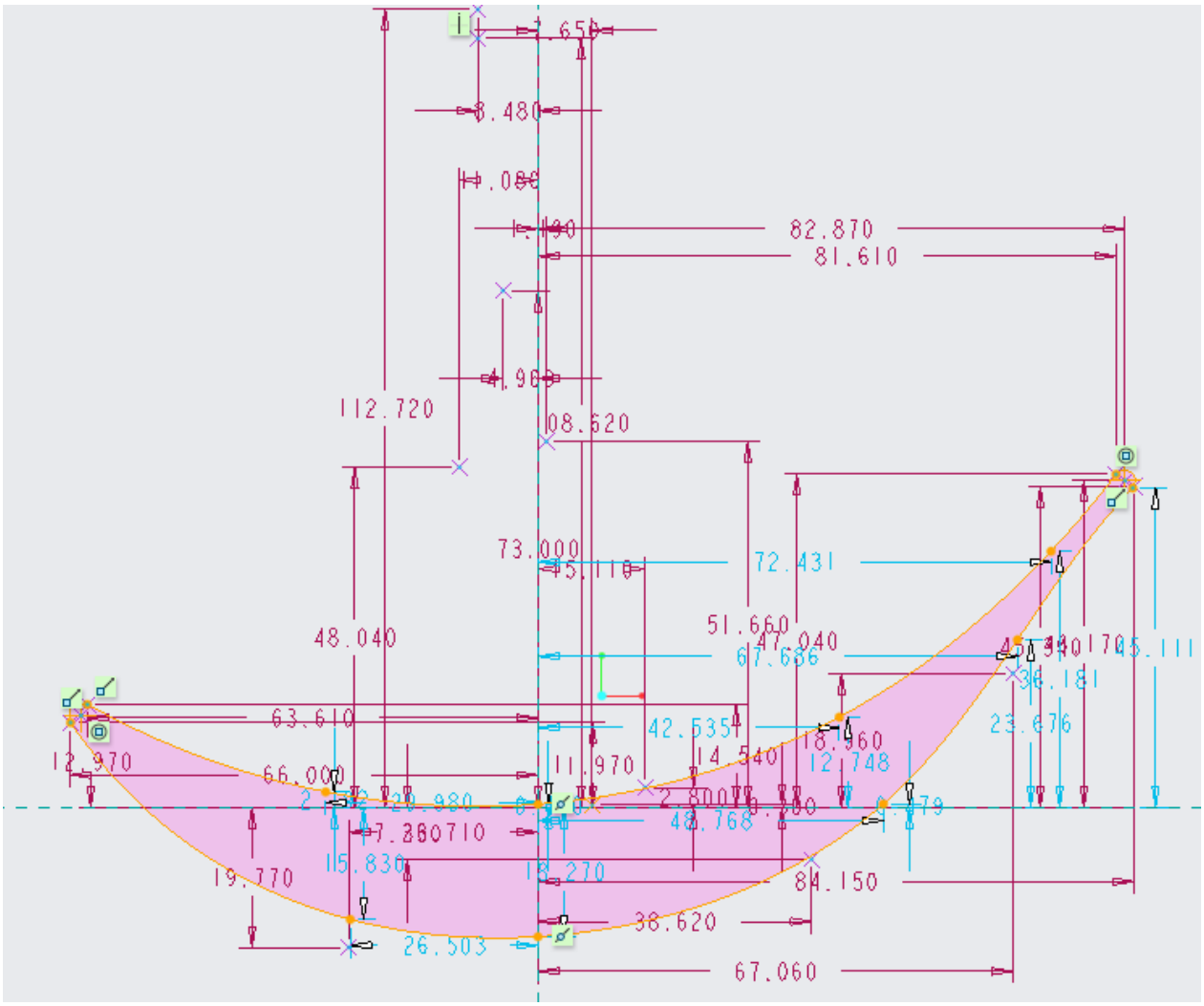


Рисунок 1. Построенный профиль сечения B-B

После создания всех сечений на нужных радиусах, создана кривая, проходящая через центры тяжести всех профилей. После описанных действий получен вид, представленный на Рис. 2.

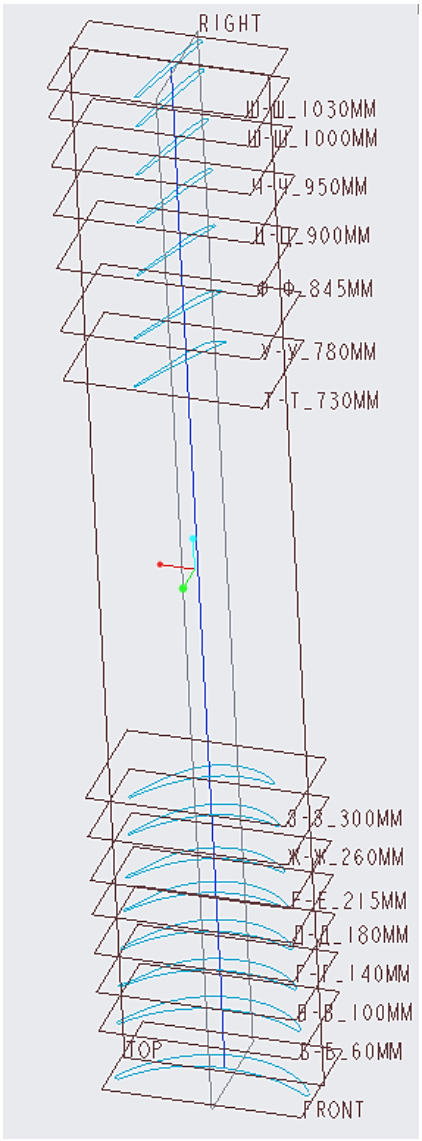


Рисунок 2. Построенные профиля с линией, соединяющей центры тяжести сечений

1.2. Создание плавного сопряжения для построения твердотельной модели пера рабочей лопатки

Плавное сопряжение выполнено последовательно от сечения к сечению с заданием в качестве привязки направления линии, соединяющей центры тяжести сечений по высоте лопатки. После выполнения плавного сопряжения имеем следующую твердотельную модель пера рабочей лопатки, представленную на Рис. 3.

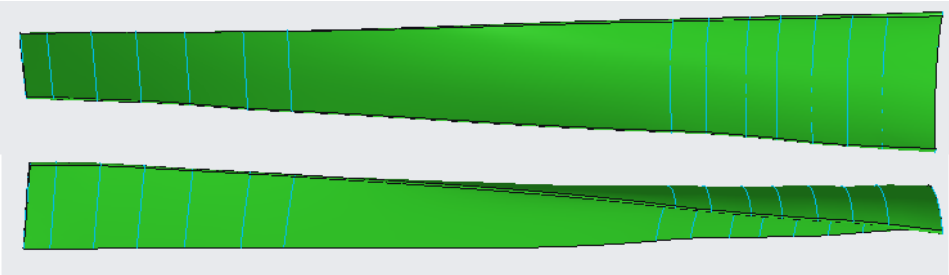


Рисунок 3. Твердотельная модель пера рабочей лопатки

2. Построение трехмерной модели лопатки

Рабочая лопатка имеет елочный хвостовик, цельнофрезерованный бандаж, отверстие под бандажную проволоку в утолщении пера.

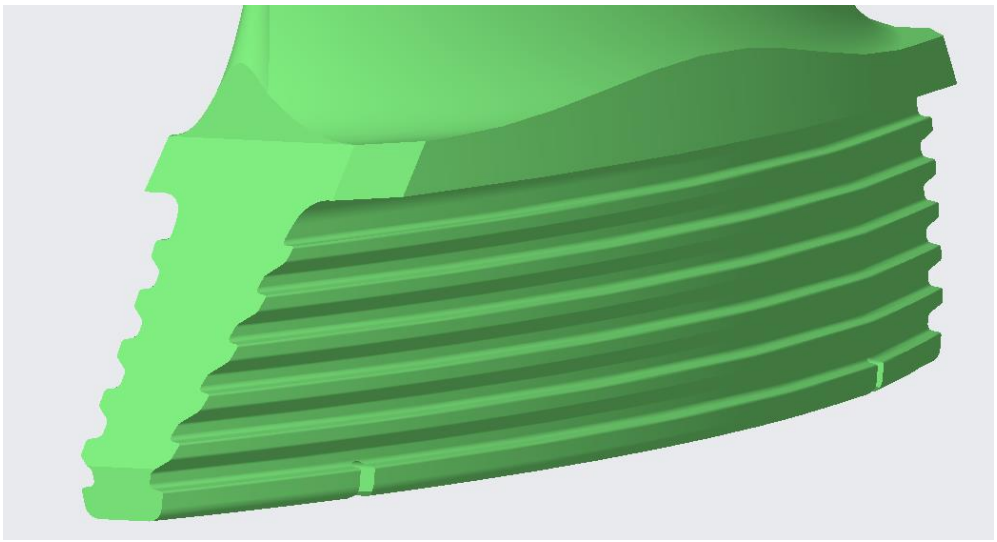


Рисунок 4. Хвостовик лопатки

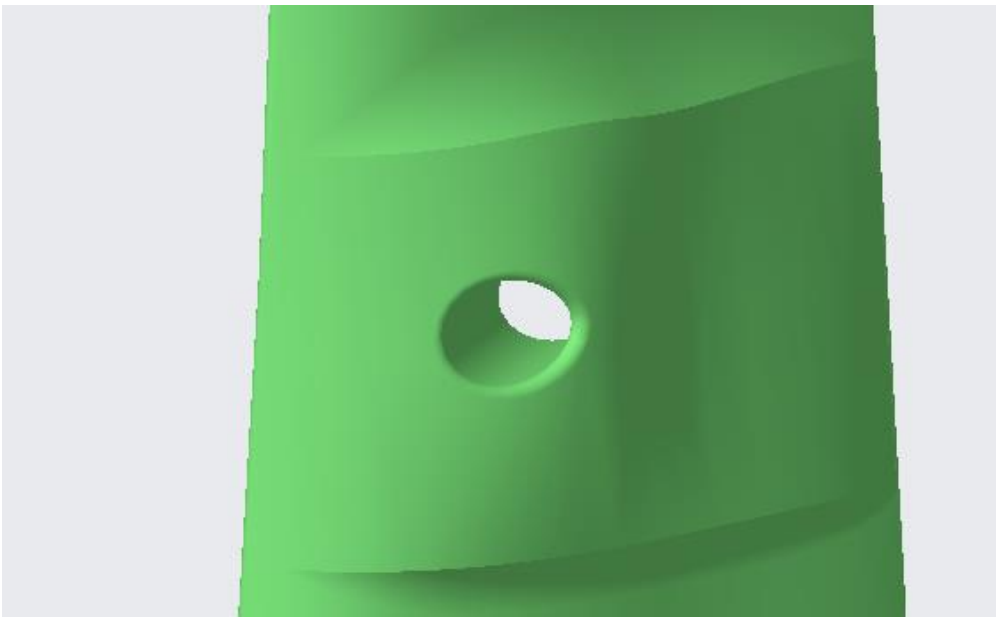


Рисунок 5. Отверстие в утолщении под бандажную проволоку

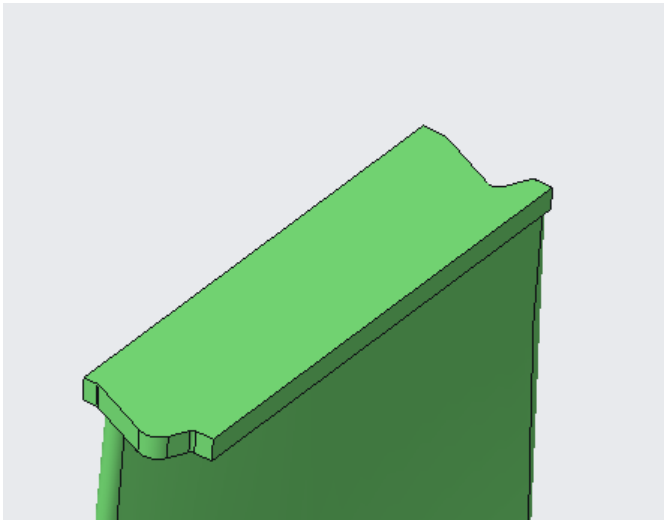


Рисунок 6. Цельнофрезерованный бандаж

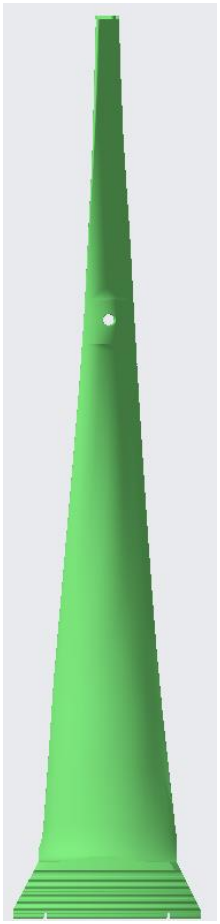


Рисунок 7. Твердотельная модель рабочей лопатки

Верификация модели производится по массе. Полученное значение, равное 13,76 кг, попадает в промежуток допускаемого отклонения, указанного в технических требования пункт 12.в).

```
ОБЪЕМ =  1.7529280e+06  ММ^3
ПЛОЩАДЬ ПОВЕРХНОСТИ =  3.3628762e+05  ММ^2
ПЛОТНОСТЬ =  7.8500000e-06 КИЛОГРАММ / ММ^3
МАССА =  1.3760485e+01 КИЛОГРАММ
```

Рисунок 8. Полученное значение массы

3. Проведение прочностных и динамических исследований

Полученная в результате первого этапа работ модель лопатки была рассчитана с использованием CAE-пакета Ansys Workbench (составляющие Mechanical и Modal для прочностного и модального расчётов соответственно).

3.1. Проведение прочностного расчёта

После экспорта лопатки, проверяем корректность процесса экспорта, для чего сравниваем длину лопатки с шкалой-линейкой в интерфейсе программы и проверяем правильность расположения лопатки в пространстве.

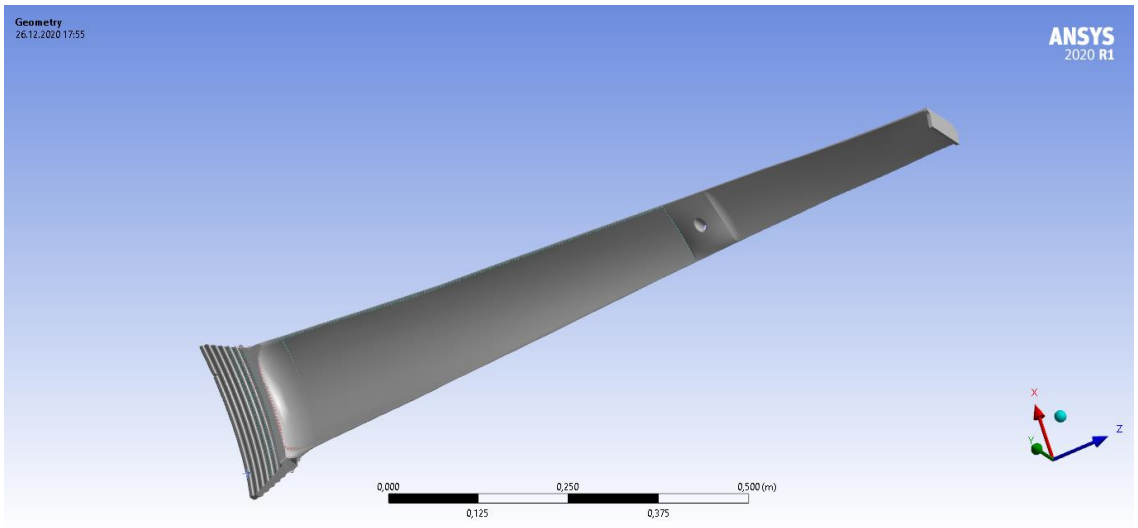


Рисунок 9. Вид модели лопатки в расчётной программе. Видна линейка, по которой можно судить о масштабе модели, и направление осей координат

После проверки, приступаем к разбиению лопатки на сетку конечных элементов. Созданная сетка имеет различную величину ячеек – более крупным элементам лопатки соответствуют ячейки большего размера и наоборот.

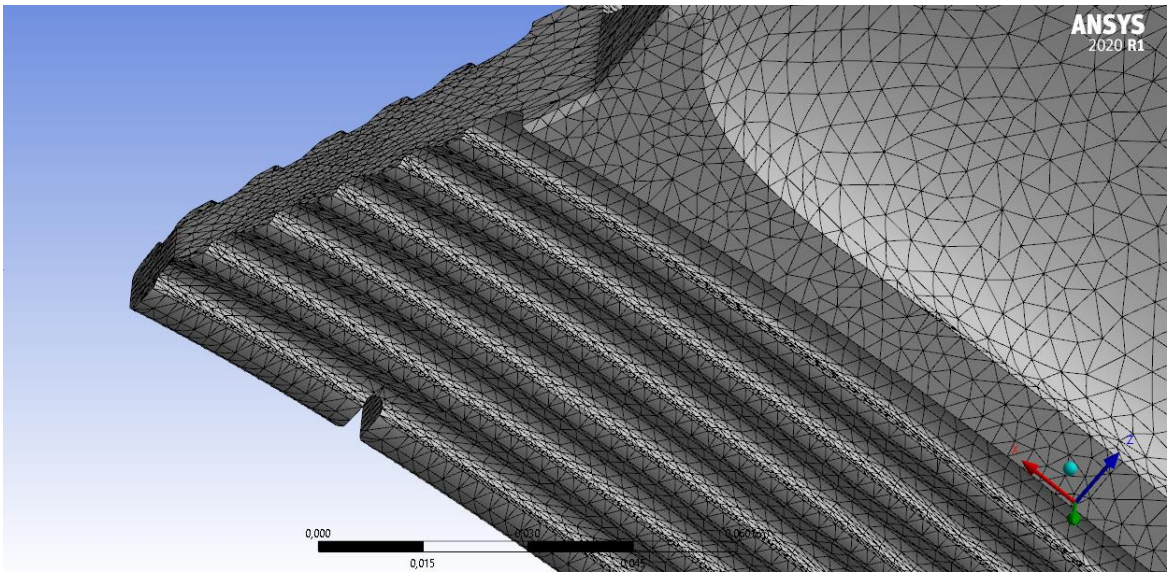


Рисунок 10. Сетка конечных элементов

Приступая к заданию исходных данных прочностного расчёта, было принято, что рассматриваемая лопатка работает в составе последней ступени паровой конденсационной турбины К-500-65/3000 ХТГЗ. Характеристики рассматриваемой ступени:

- Давление в конденсаторе $p_к$ = 4,4 кПа;
- Температура насыщения, соответствующая давлению в конденсаторе t_s = 30,6 °С;
- Частота вращения n = 3000 об/мин (50 Гц);
- Средний диаметр последней ступени $d_{ср}$ = 2530 мм.

Сначала задаём свойства материала лопатки (сталь 15Х11МФШ ГОСТ 18968-73). Находим параметры при известной температуре пара за ступенью (при этом пренебрегаем изменением температуры пара вследствие расширения в рабочих лопатках):

- Модуль упругости E – $2{,}28 \cdot 10^{11}$ Па;
- Коэффициент линейного расширения α – $10{,}3 \cdot 10^{-6}$ (1/°С);
- Плотность ρ – 7850 кг/м^3;
- Коэффициент Пуассона – 0,3.

Задаём нагрузки и закрепления. Центробежную силу задаём через скорость вращения лопатки и ось вращения; данные находим из прототипа. Ось вращения смещена на 750 мм относительно корневого диаметра пера лопатки, чем обеспечен средний диаметр прототипа. Расчётом температурных напряжений и газодинамическими силами, действующими на лопатку, пренебрегаем вследствие малых температурных градиентов и перепадов давления на лопатке последней ступени.

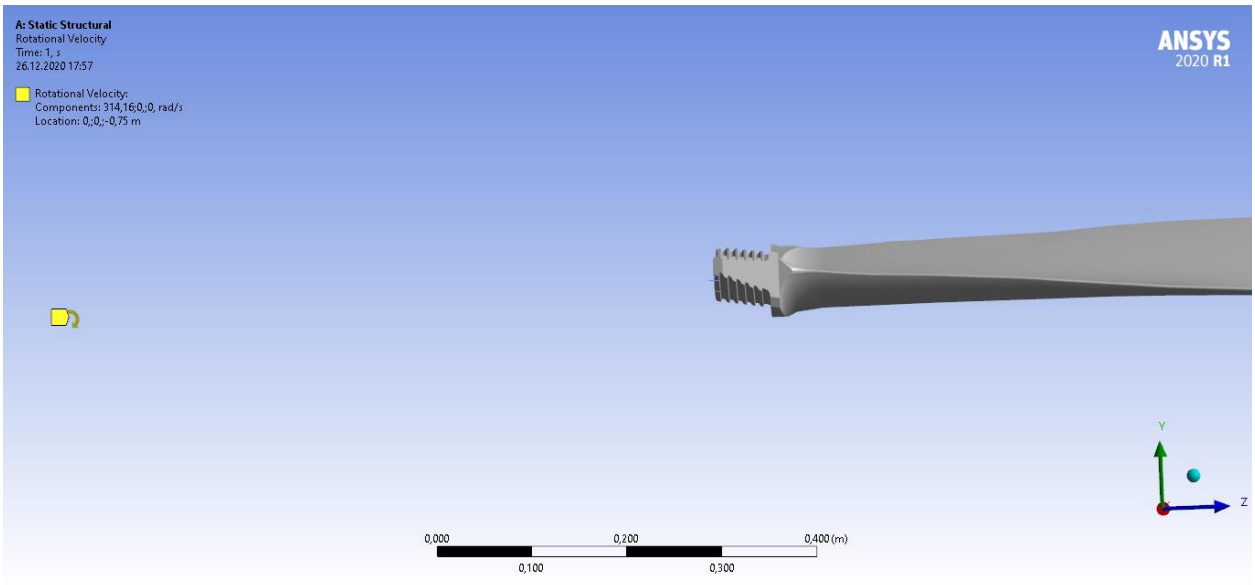


Рисунок 11. Вид со стороны выходной кромки. Можно заметить показанные в интерфейсе программы направление вращения и величину угловой скорости

Накладываем закрепления – на горизонтальные поверхности хвостовика лопатки задано закрепление «Fixed Support» (жёсткая заделка), что позволяет сымитировать закрепление лопатки в вырезе диска. Всего закрепление наложено на 16 граней с обеих сторон хвостовика.

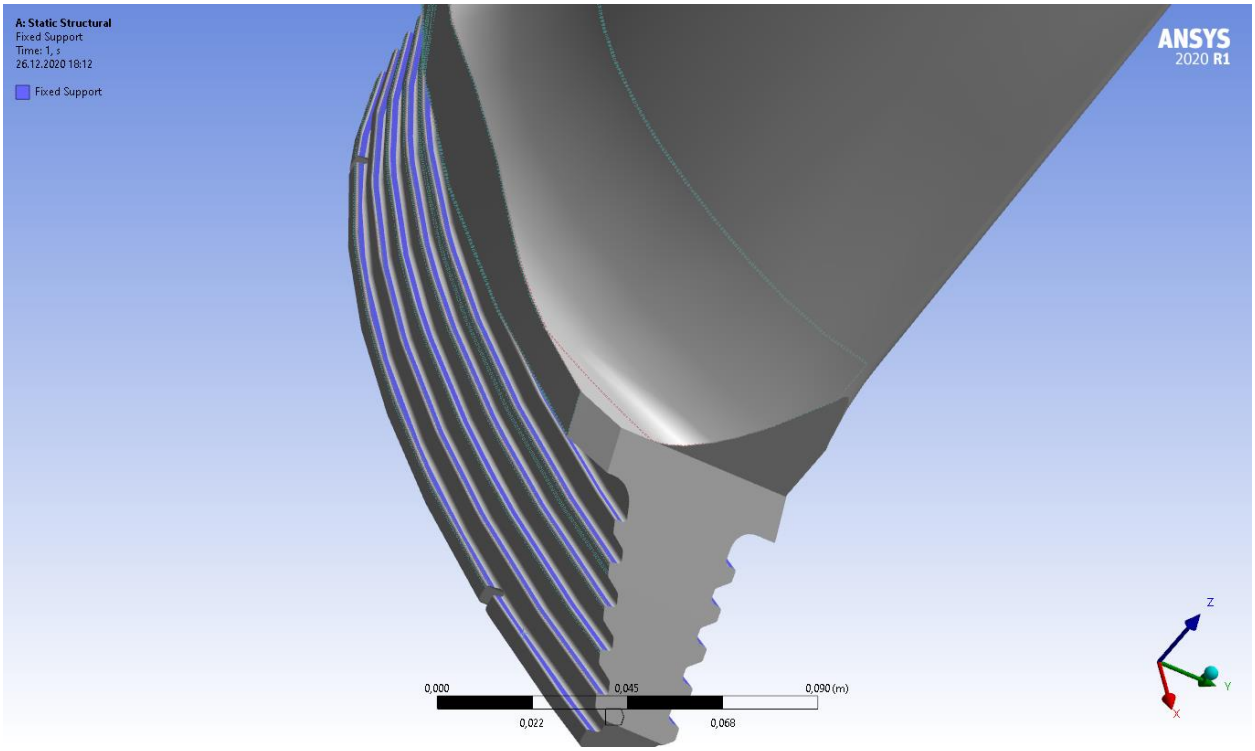


Рисунок 12. Наложенные закрепления

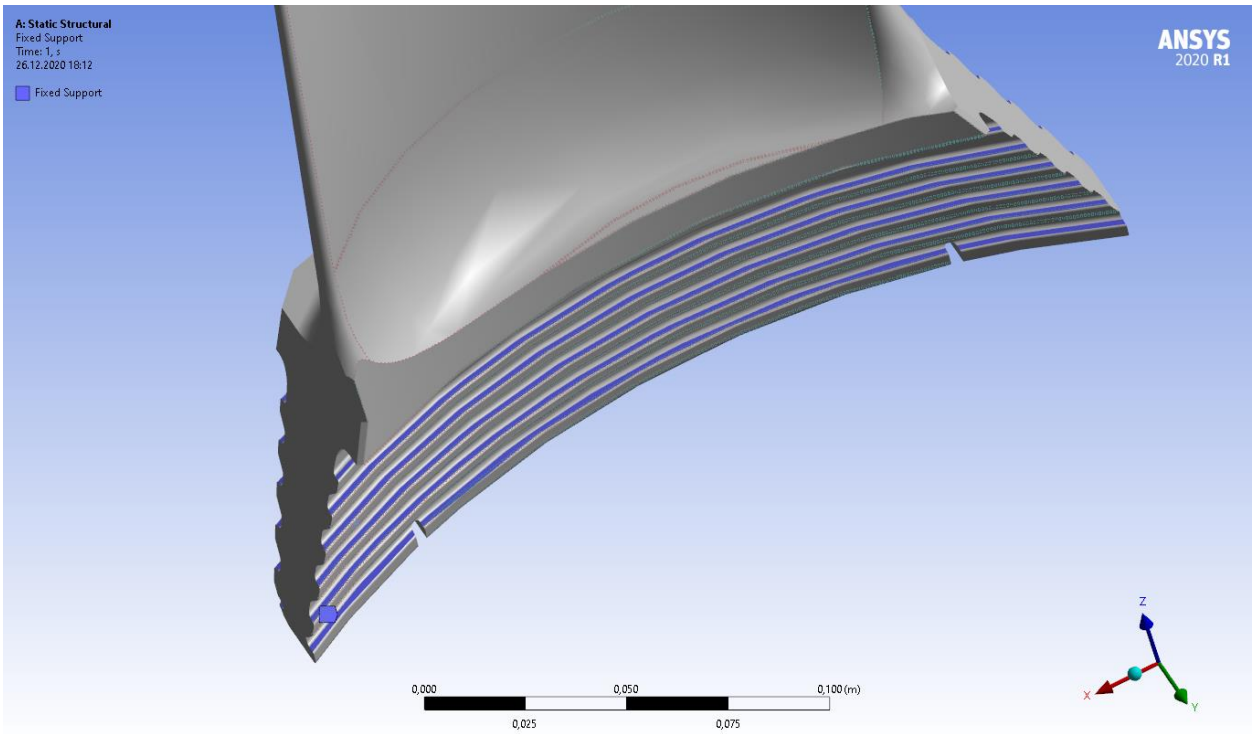


Рисунок 13. Наложенные закрепления (продолжение)

По окончании введения исходных данных производим расчёт. Результат расчёта (распределение напряжений по лопатке) представлен на рисунке 14.

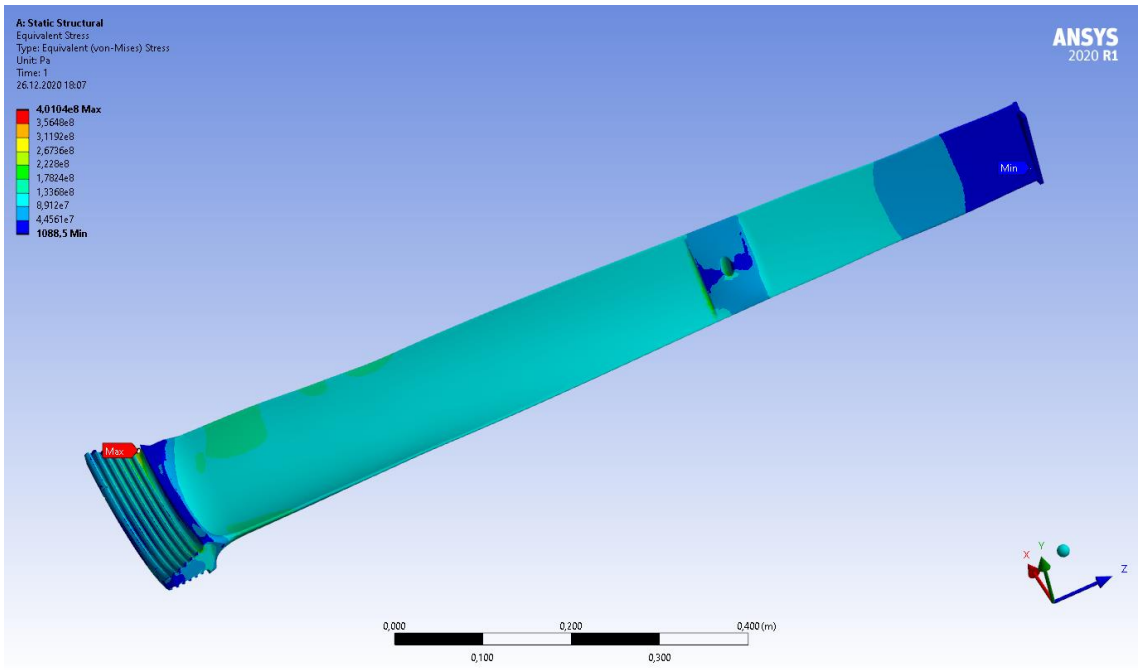


Рисунок 14. Распределение напряжений по лопатке, вид со стороны корытца

Максимум напряжений расположен в верхней части хвостовика лопатки в районе входной кромки на боковом ребре и составляет 401 МПа. Одной из вероятных причин такого расположения максимума может быть отсутствие галтели на данном ребре, что может приводить к концентрации напряжений. Предел пропорциональности материала ($\sigma_{0,2}$) составляет 500 МПа. Таким образом, лопатка удовлетворяет условиям прочности с коэффициентом запаса 1,25. Для повышения запаса прочности лопатки может быть рекомендовано введение фасок или сопряжений в местах повышенных напряжений (хвостовик, отверстие под проволочный бандаж).

3.2. Проведение расчёта на динамическую надёжность

Был проведён анализ динамической надёжности лопатки – расчёт собственных частот и форм колебаний (модальный расчёт). Исходными данными к расчёту послужили рассмотренные выше параметры материалов и закрепления.

Результаты расчёта в форме таблицы и графика приведены на рисунке 15.

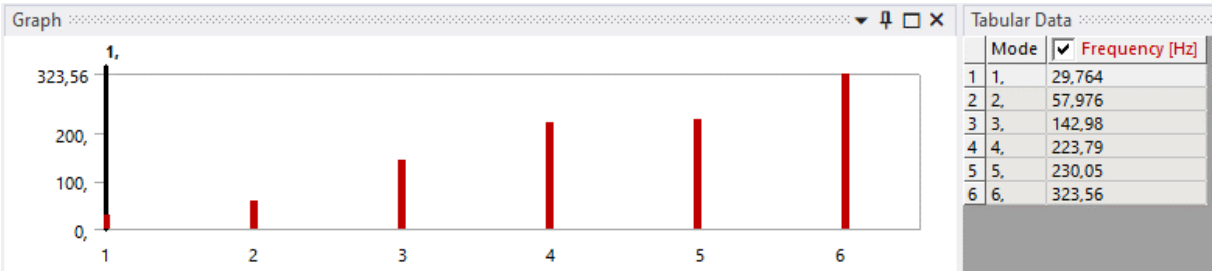


Рисунок 15. Результат расчёта на динамическую надёжность – график и таблица собственных частот лопатки. (По оси абсцисс графика – порядковый номер собственной частоты колебаний, по оси ординат – величина собственной частоты, Гц)

Формы первых трёх колебаний (для частот 29,8; 58,0 и 143,0 Гц) приведены на рисунках 16, 17 и 18.

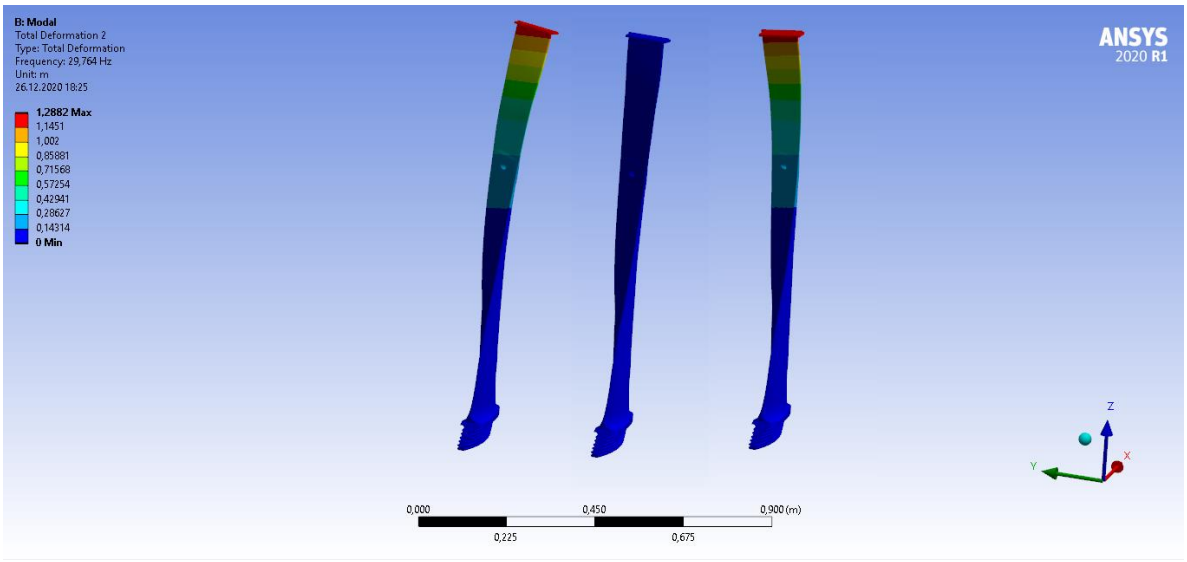


Рисунок 16. Форма колебаний, соответствующая первой собственной частоте вращения

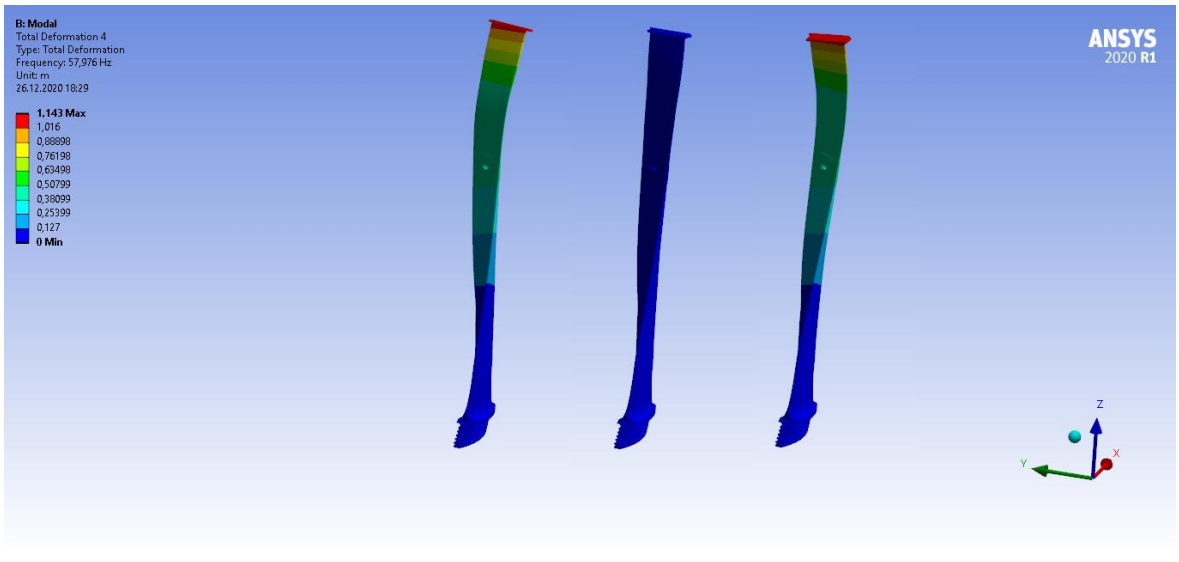


Рисунок 17. Форма колебаний, соответствующая второй собственной частоте вращения

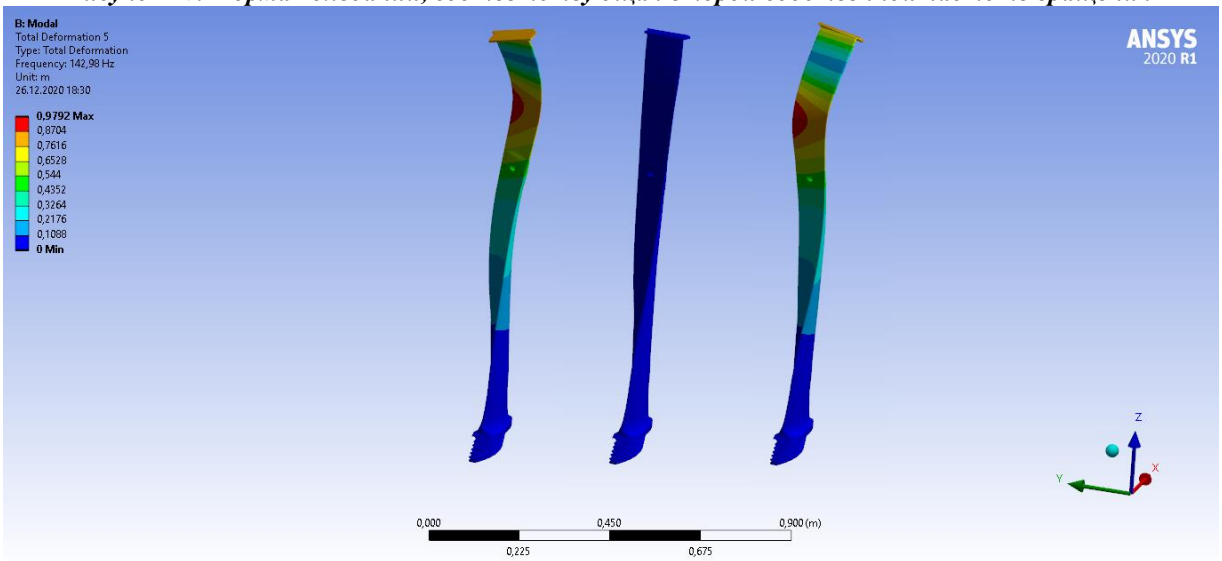


Рисунок 18. Форма колебаний, соответствующая третьей собственной частоте вращения

Результаты модального расчёта позволяют с уверенностью утверждать о надёжной отстройке частот собственных колебаний лопаток от частот возможных возмущений.

Вывод: было проведено конструирование рабочей лопатки последней ступени мощной паровой турбины и выполнены её основные динамические и прочностные расчёты. В результате выполненной работы было доказано, что рассмотренная лопатка обладает достаточной прочностью и надёжностью для возможности её длительной эксплуатации.

Список литературы:

1. К.Э. Аронсон, С.Н. Блинков, В.И. Брезгин и др. «Теплообменники энергетических установок: учебник для вузов»; 2012. – 142 с. – ISBN 5-321-913-089-4
2. Современный уровень и тенденции проектирования и эксплуатации подогревателей системы регенерации паровых турбин ТЭС и АЭС (учебное пособие) Ю.М. Бродов, К.Э. Аронсон, А.Ю. Рябчиков, М.А. Ниренштейн, И.Б. Мурманский, Н.В. Желонкин, Екатеринбург, 2019 – 207 с. – ISBN 5-93913-032-1
3. Повышение эффективности и надежности теплообменных аппаратов паротурбинных установок/ под общ. ред. Ю.М. Бродова: 2012 – 86 с. – ISBN 5-321-817-423-4 УрФУ.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научный журнал

UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 1(118)
Январь 2024

Часть 3

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 – 54434 от 17.06.2013

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

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 1
16+