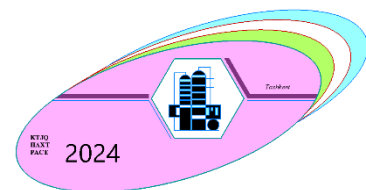




**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ИННОВАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**



**Ташкентский химико-
технологический
институт**

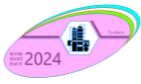


**Международная конференция:
«Актуальные проблемы и перспективы технологических
процессов и аппаратов в промышленных отраслях»**



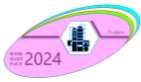
Ташкент, Узбекистан.

27-28.09.2024



ПАХТ – 2024
«Актуальные проблемы и перспективы технологических
процессов и аппаратов в промышленных отраслях»
27 – 28 сентября.

ТАШКЕНТ – 2024



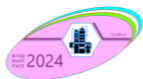
УДК 664.002÷66.0(075.8)

«Актуальные проблемы и перспективы технологических процессов и аппаратов в промышленных отраслях». Ташкент – 2024 год, 27 – 28 сентября.

Международная научно-техническая конференция **«Актуальные проблемы и перспективы технологических процессов и аппаратов в промышленных отраслях»** посвящена новейшим процессам, аппаратам и перспективам развития технологий переработки различного сырья и материалов, основной целью которой является содействие решению научно-теоретических и практических проблем в области процессов и аппаратов научным и практическим опытом, внедрению новых информационных технологий в производственные и учебные процессы, обобщению концепции создания интегрированных производственных комплексов, управляемых компьютерами.

Организационный комитет международной научно-практической конференции на тему: «Актуальные проблемы и перспективы технологических процессов и аппаратов в промышленных отраслях»

- смонов Ботир Шукуруллаевич – д.т.н., профессор - председатель
оржигов Евгений Александрович – совместный председатель
улатов Хайрулла Лутпуллаевич - д.х.н., профессор – заместитель председателя
урмухамедов Хабибулла Сагдуллаевич. - д.т.н., профессор - заместитель
председателя
акимова Гулноза Нигмановна - к.т.н., доцент - заместитель председателя
афаров Тойир Турсунович - д.т.н., профессор
7. Бабаханова Зебо Абдуллаевна – Проректор по международным связям, д.т.н., проф.
 8. Бобиромон Қодиров – По экономическим и организационным вопросам, DSc, проф.
 9. Шернаев Анвар Нормаматович – Проректор по работе с предприятиями, DSc., профессор
ухоров Шухрат Бўриевич – Декан факультета «Химическая инженерия», DSc., доцент
игмаджанов Самигжон Каримжонович – к.т.н., доцент
Мавланов Элбек Тулкинович – к.т.н., доцент
Шералиева Озода Анваровна – к.т.н., доцент
Артиков Аскар Артикович – д.т.н., профессор
Рахимжонна Шахноза Саиданваровна – старший преподаватель
ултонов Жавохир Валижон ўғли – старший преподаватель
ишанова Садокат Хабибуллаевна – старший преподаватель
Қаюмов Абдумалик Абдухамит ўғли – ассистент
 19. Салимова Саодат Ашуровна – ассистент
айзийева Наргиза Сабиржановна – стажер-преподаватель
екбаева Феруза Уразали кизи – стажер-преподаватель
булхаев Шодмон Абдушукур ўғли – стажер-преподаватель
Абдулбоқиев Эгамназар – Пресс-секретарь



Научный комитет международной научно-практической конференции на тему: «Актуальные проблемы и перспективы технологических процессов и аппаратов в промышленных отраслях»

1. Артиков Асқар Артикович – д.т.н., профессор
2. Нуруллаев Шавкат Пайзиевич – к.т.н. профессор
3. Арипова Мастура Хикматовна – д.т.н., профессор
4. Юнусов Миржалил Юсупович – д.т.н., профессор
5. Мирзакулов Холтўра Чориевич – д.т.н., профессор
6. Эркаев Актам Улашевич – д.т.н., профессор
7. Адилов Равшан Иркинович – д.х.н., профессор
8. Нигмаджанов Самигжон Каримжонович – к.т.н, доцент
9. Мавланов Элбек Тулкинович – к.т.н., доцент
10. Шералиева Озода Анваровна – к.т.н., доцент

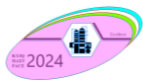
| Содержание | | | | |
|--|--|---|---|-----------|
| Процессы и аппараты технологии неорганических веществ (секция №1) | | | | |
| 1 | Курбанова А.А. |  | СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ДИСТИЛЛЕРНОЙ ЖИДКОСТИ НА ГОТОВЫЕ ПРОДУКЦИИ | 10 |
| 2 | Равичев Л.В. Ильина С.И. |  | ЭЛЕКТРОПЕРЕНОС КАК НЕОБХОДИМЫЙ РАЗДЕЛ КУРСА ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. | 14 |
| 3 | Ланкин Р. И. Францкевич В.С. Ян Ян. Нурмухамедов Х.С. |  | ИННОВАЦИОННЫЙ ЭЛЕМЕНТ НАСАДКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕДАЧИ | 20 |
| 4 | Каримов К.Ф. Закирова Н.С. Турапов А.У. |  | РАСЧЁТ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА В КУЗОВ АВТОРЕФРИЖЕРАТОРА SHANGAN | 24 |
| 5 | Самошкин М.М. |  | СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСО ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ | 28 |
| 6 | Гашбаев Т.Э. Аннаев Н.А. Усманов Б.С. Нурмухамедов С.Х. Сагдиева М.М. Абдурахимова А.У. |  | К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО ГРАНУЛИРОВАНИЯ ФОСФОГИПСА В ТУРБОЛОПАСТНОМ АППАРАТЕ | 33 |
| 7 | Ганиева С.Ў. Нурмухамедов Х.С. Нигмаджонов С.К. Шералиева О.А. Нурмухамедов А.М. |  | ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ ЗАПЫЛЕННЫХ ГАЗОВ | 41 |
| 8 | Мавлонов Э.Т. Рахмонова М.И. Францкевич В.С. Нурмухамедов Х.С. Салимова С.А. Худойбердиева Н.Ш. |  | ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООТДАЧИ В ТРУБЧАТО- РЕШЕТЧАТОЙ НАСАДКЕ ПРИ АБСОРБЦИИ СО ₂ РАССОЛОМ | 46 |



| | | | | |
|--|--|--|--|----|
| 9 | Аннаев Н.А. Файзиева Н.С. Султонов Ж.В. Нурмухамедов С.Х. Левданский А.Э. Федарович Е.Г. | | К ПРОБЛЕМЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ БУРОВОГО УГЛЯ АНГРЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ТУРБОЛОПАСТНОМ АППАРАТЕ | 52 |
| 10 | Jasur Makhmayorov. Diyorbek Absattorov. Murodjon Samadiy. | | Study on the process of purification of zinc sulfate solutions from impurities and their rheological properties | 60 |
| Процессы и аппараты технологии органических веществ (секция-№2) | | | | |
| 11 | Топталов В. С. Флисюк О. М. Марцулевич Н. А. | | ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА ГАЗА В ПРЯМОТОЧНОМ ЦИКЛОНЕ | 65 |
| 12 | Федарович Е.Г. Левданский А.Э. | | МЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ СТЕКЛОПЛАСТИКА | 72 |
| 13 | Мытько Д.Ю. Францкевич В.С. Нурмухамедов. Х.С. Ян Ян | | ГИДРОДИНАМИКА ЖИДКОСТИ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ФОРСУНКАХ | 79 |
| 14 | Каримов К.Ф. Умаров Ш.А. | | ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА АБСОРБЦИИ SO ₂ | 84 |
| 15 | Степанов К.С. Сорокин В.В. Коченко Д.В. | | РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЧИСТКИ ГЛИЦИРРИЗИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ОСНОВЕ ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ | 88 |
| 16 | Нуриллаева А.А. Мавлонов Э.Т. НурмухамедовХ.С. Тенгелова А.Н. Абулхаев Ш.А. Матчонов Ш.К. | | ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТНЫХ ДАНЫХ ПО ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ СОПРОТИВЛЕНИЮ ТРУБЧАТО- РЕШЕТЧАТОЙ НАСАДКИ ИЗ ТРУБ С РАЗВИТОЙ ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ | 93 |
| 17 | Рахмонова М.И. Францкевич В.С. Нурмухамедов Х.С. Мавлонов Э.Т. | | ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛОБМЕНА ОТ | 99 |



| | | | | |
|---|--|--|--|-----|
| | Нишоновна С.Х. Мусаева Н.М. | | ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ СПИРАЛЬНЫХ КАНАВОК ТРУБЧАТО-РЕШЕТЧАТОЙ НАСАДКИ ПРИ ХЕМОСОРБЦИИ | |
| 18 | КулдошеваФ.С. Ибрагимов Р. Р. | | РОЛЬ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ | 105 |
| 19 | Галиева Д.Д. Незамаев С.В. Петухова Е.В. | | ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОДЫ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ | 109 |
| 20 | А.А. Ковалева П.С. Кулевец Е.Г. Федарович А.Э. Левданский | | ФЛОТАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СМЕСИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА И ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФИДА | 115 |
| Процессы и аппараты пищевых производств (секция -№3) | | | | |
| 21 | Артиқов А.А. Машарипова З. Мамаева, Д. Мадрахимова М.М. | | ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАССООТДАЧИ ПРИ СУШКЕ ДЫНИ | 120 |
| 22 | Хамидуллин Р.Н. Бронская В.В. Игнашина Т.В. | | ПРОИЗВОДСТВО БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО ВИНА ДИСТИЛЛЯЦИЕЙ С ИНЕРТНЫМ ГАЗОМ | 124 |
| 23 | Нарзийев М.С. Исмадова Н.Н. | | STUDY OF THE EFFECT OF ELECTRIC IMPULSE FIELD ON THE PROCESS OF PREPARING FLAX SEEDS FOR PRESSING | 129 |
| 24 | ДжураевХ.Ф. УсмоновА.У. РасуловШ.Х. Файзиев А.Х. | | ТОМАТ МЕВАСИНИ ПАСТ ҲАРОРАТДА ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ | 134 |
| 25 | Гафуров К.Х. Шарипов Н.З. Бешимов М.Х. | | ТОПИНАМБУР ИЛДИЗМЕВАСИНИ ҚУРИТИШ ЖАРАЁНИНИ ЖАДАЛЛАШТИРИШ | 140 |







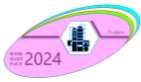
| | | | | |
|---|--|--|---|-----|
| 26 | Қаюмов А.А. Кудиярова К.К. Хакимова Г.Н. Бекбаева Ф.У. Матчонов Ш.К. | | К ВОПРОСУ ШЕЛУШЕНИЯ САФЛОРА МЕТОДОМ МГНОВЕННОГО СБРОСА ДАВЛЕНИЯ | 145 |
| 27 | Хайдарова М.Р. Рўзметова Д.Т. Курамбойев Т.Б. | | ПАРРАНДА ТУХУМИ ПЎЧОҚЛАРИ АСОСИДА ФУНКЦИОНАЛ УНЛИ ҚАНДОЛАТ МАҲСУЛОТИ ОЛИШ ИМКОНИЯТИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ | 154 |
| 28 | Jumaniyazova M. X. Ro'zmetova D.T. Kurambayev Sh.R. | | TUT IRAK QURTI G'UMBAGI MOYINI YOG' KISLOTA TARKIBINI O'RGANISH | 158 |
| 29 | Kabulova D. A. Ro'zmetova D.T. Kuramboev T.B. | | O'ZBEKISTONDA BOLALAR OVQATI BOZORINING TAHLILI | 163 |
| 30 | Раджабов Б.Э. | | ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИДА МОЛ-МУЛК СОЛИГИНИ ХУҚУҚИЙ ТАРТИБГА СОЛИШНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ | 167 |
| 31 | Kasun Dissanayake. Nurmukhamedov X.C. Mohamed Rifky. Murodjon Samadiy. | | CHICKEN SAUSAGE MAKING APPARATUSES AND INORGANIC SUBSTANCE TECHNOLOGIES | 174 |
| 32 | Jabborov A.O., Eсанbayev F. | | МАКОРОН ИШЛАБ ЧИҚАРИШ АППАРАТИ ВАКУМ ҚУРИЛМАСИНИ МАТЛАВ ДАСТУРИДА МОДЕЛЛАСHTИРИШ | 179 |
| Машины и агрегаты сельскохозяйственной отрасли и ирригации (секция-№4) | | | | |
| 33 | Uralov B.R. Alimardonov X. B. Махкамов В. А. Yunusov M. Yu. | | INFLUENCE OF BED SHAPE AND ROUGHNESS OF MACHINE CHANNELS ON PRESSURE LOSSES OF IRRIGATION PUMPING STATIONS. | 183 |
| 34 | Уралов Б.Р. Нигмаджанов С. К., Бекбаева Ф.У., Файзиева Н.С. | | РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ И ОСЕВЫХ НАСОСОВ ПРИ КВИТАЦИОННО-АБРАЗИВНОМ ИЗНОСЕ ИХ ДЕТАЛЕЙ. | 187 |



| | | | | |
|---|--|--|---|-----|
| 35 | Уралов Б.Р. Хакимова Г.Н. Каюмов А. А. Нишанова С.Х. Манглиев Д. | | ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ И ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ МАШИННЫХ КАНАЛОВ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ | 191 |
| 36 | Эшманова М.Б. Межлумян. Л. Г. Бобаев И.Д. | | РЕШЕНИЕ ОТХОДОВ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ШЁЛКА ИЗ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА И СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ | 196 |
| Процессы и аппараты технологии переработки нефти и газа (секция-№5) | | | | |
| 37 | Рахимджанова Ш.С. Худайбердиев А.А. Нодирхонова С.И. | | МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ДЛЯ ПОДОГРЕВА РАБОЧЕЙ СМЕСИ НЕФТЕПЕРЕГОННОЙ УСТАНОВКИ | 200 |
| 38 | Муродов С.Ш. Садиев А.А. Кучинов Х.А. Ташбаев Н.Т. | | УТИЛИЗАЦИЯ СБРОСНОЙ ТЕПЛОТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ И ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ КОМБИНИРОВАНИЕ | 205 |
| Математическое моделирование и автоматизация технологических процессов (секция-№6) | | | | |
| 39 | Ҳамзаев Д.И. | | ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ | 209 |
| 40 | Мирзо С.Н. Фахриддин Ю.Х. | | РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ ПЕРЕГОНКИ МИСЦЕЛЛЫ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ | 217 |



| | | | | |
|----|---|---|--|-----|
| | | | КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ОСТРОГО ПАРА | |
| 41 | Narziyev M.S. Rustamov E.S. Muslimov B.B Raxmonov Sh.B. Toshpo`latov T.T. |  | MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF MOVEMENT OF THE GAS PHASE IN THE BUBBLE LAYER | 227 |
| 42 | Boboyorov R.O. Daniyarova Ch.T. Nuriev J. I. |  | NEFTNI BIRLAMCHI HAYDASH UCHUN РЕКТИФИКАЦИОН КОЛОННАНИНГ АСОСИЙ ТЕХНОЛОГИК ПАРАМЕТРЛАРИНИ АВТОМАТИК РОСТЛАШ ТИЗИМИНИ ШАКЛЛАНТИРИШ МАСАЛАЛАРИ | 231 |
| 43 | Артиков А. Хужакулова Д. Дронов Д.М. |  | О КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ. ОХЛАЖДЕНИЕ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В ГРАДИРНЕ | 235 |
| 44 | Артиков А. |  | МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИНЖЕНЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ | 239 |



**DISTILLER SUYUQLIGINI TAYYOR MAHSULOTLARGA
QAYTA ISHLASH USULI
СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ДИСТИЛЛЕРНОЙ ЖИДКОСТИ НА ГОТОВЫЕ
ПРОДУКЦИИ
THE METHOD OF PROCESSING DISTILLER LIQUID INTO FINISHED PRODUCTS**

Kurbanova Aysultan Abatbaevna

Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti, Uzbekiston, Toshkent sh.
aisultankurbanova@gmail.com ORCID: 0009-0001-1997-2104,

Annotatsiya. Kalsiyantirilgan soda-shisha, kimyo, metallurgiya, neft, to'qimachilik, qog'oz, oziq-ovqat, bo'yoq va lak sanoatida, turli xil tuzlar, sun'iy tolalar ishlab chiqarishda, charm ishlab chiqarishda, suv va sho'r suvlarni tozalashda keng qo'llaniladi. Hozirgi kunda dunyoda yiliga 50-65 million tonna soda kuli ishlab chiqaradigan 75 dan ortiq soda korxonalarini mavjud. Kalsiyantirilgan soda ishlab chiqarishning mavjud usullaridan ammiak usuli eng keng tarqalgan (70%).

Bugungi kunda dunyoda atrof-muhitni zararli ishlab chiqarish chiqindilarining tabiatga ta'sirini kamaytirish, ularni qayta ishlash va ekologik xavfsizligini ta'minlash masalasi dolzarb muammolardan biri bo'lib qolmoqda. Shu munosabat bilan chiqindilarni qayta ishlab foydali mahsulotlar olish orqali iqtisodiy samaradorlikni oshirish, korxonalarining ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish va atrof-muhitga zararli ta'sirini kamaytirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Jahonda ammiyakli usulda kal'çuylantirilgan soda ishlab chiqarish jarayonidan hosil bo'ladigan chiqindi distiller suyuqligini atrof-muhitga zararini kamaytirish maqsadida distiller suyuqligining tarkibini tahlil qilish, uni qayta ishlash usullarini ishlab chiqish va foydali mahsulotlarga aylantirish imkoniyatlarini o'rganishga qaratilgan ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada distiller suyuqligidan tayyor mahsulotlar olish texnologiyasini takomillashtirish va unumini oshirish hamda qo'llashga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Kalit so'zlar: kal'çuylantirilgan soda, distiller suyuqligi, filtrlash, karbonatlanish, qayta ishlash.

Аннотация. Кальцинированная сода-широко используется в стекольной, химической, металлургической, нефтяной, текстильной, бумажной, пищевой, лакокрасочной промышленности, производстве различных солей, искусственных волокон, кожи, очистке воды и рассола. В настоящее время в мире насчитывается более 75 содовых предприятий, производящих от 50 до 65 миллионов тонн кальцинированной соды в год. Из существующих способов производства кальцинированной соды аммиачный метод является наиболее распространенным (70%).

Сегодня в мире одной из актуальных проблем остается вопрос снижения воздействия на природу вредных отходов производства, их переработки и обеспечения экологической безопасности окружающей среды. В связи с этим переработка отходов приобретает важное значение для повышения экономической эффективности за счет получения полезной продукции, оптимизации производственных процессов предприятий и снижения их вредного воздействия на окружающую среду.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на анализ состава дистиллерной жидкости, разработку методов ее переработки и изучение возможности превращения в полезные продукты с целью снижения вреда окружающей среде, отработанной дистиллерной жидкости, образующейся в процессе производства кальцинированной соды аммиачным способом. В связи с этим особое внимание уделяется совершенствованию и повышению производительности, и применению технологии получения готовой продукции из дистиллерной жидкости.

Ключевые слова: кальцинированная сода, дистиллерная жидкость, фильтрация, карбонизация, рециркуляция.

Annotation. Soda ash is widely used in the glass, chemical, metallurgical, petroleum, textile, paper, food, paint and varnish industries, the production of various salts, artificial fibers, leather, water purification and brine. Currently, there are more than 75 soda companies in the world, producing from 50 to 65 million tons of soda ash per year. Of the existing methods of soda ash production, the ammonia method is the most common (70%).

Today, one of the urgent problems in the world remains the issue of reducing the impact on the nature of harmful industrial waste, their processing and ensuring environmental safety of the environment. In this regard, waste recycling is becoming important to increase economic efficiency by obtaining useful products, optimizing the production processes of enterprises and reducing their harmful effects on the environment.

Scientific research is being carried out in the world aimed at analyzing the composition of the distiller liquid, developing methods of processing it and studying the possibilities of converting it into useful products in order to reduce the environmental harm of waste distiller liquid from the process of producing calcified soda in the ammonia method. In this regard, special attention is paid to improving and improving the productivity and application of the technology for obtaining finished products from distiller liquid.

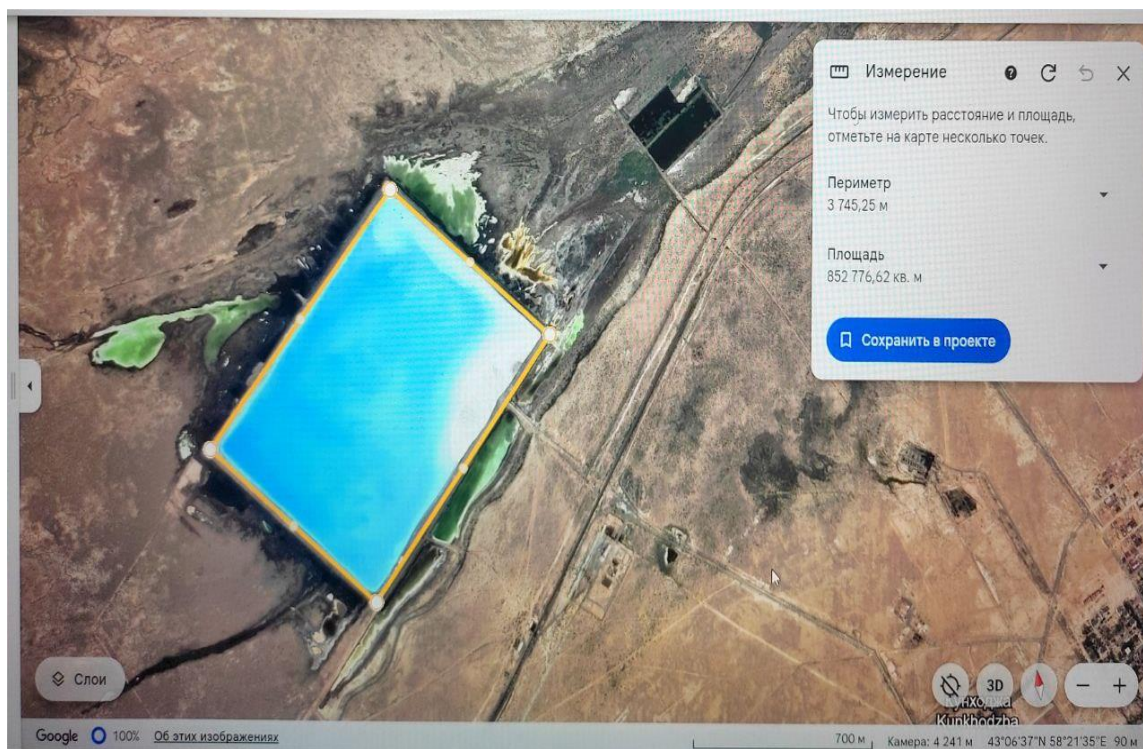
Keywords: soda ash, distillation liquid, filtration, carbonation, recirculation.

Kirish. “Qo’ng’irot soda zavodi” MChJ qo’shma korxonasida kal’tsiylantirilgan soda ishlab chiqarishining I va II navbatlari ADKF (absorbtsiya distillash karbonatlanish filtratsiya) sexidagi distillash jarayonidan so’ng hosil bo’ladigan distiller suyuqligi, suyuq chiqindilar tashlash uchun ixtisoslashgan chiqindiyig’gichga tashlanadi. Distillash jarayonidan so’ng hosil bo’ladigan distiller suyuqligining hajmi 1 tonna tayyor mahsulot ishlab chiqarilganida 9,08 - 10 m³ ni tashkil qiladi (bu kuniga 5448-5493,4 m³, yiliga 1,8 million m³ dan ortiq). Ushbu korxonada hozirgi kunda distiller suyuqligini qayta ishlash jarayoni yo’lga qo’yilmaganligi sababli u chiqindiyig’gichga tashlanadi, bu atrof-muhitning ifloslanishiga, yerning va yer osti suvlarining sho’rlanishiga olib keladi.

Olingan tadqiqot usullari va natijalari. 1-rasmda “Qo’ng’irot soda zavodi” MChJ qo’shma korxonasiga tegishli bo’lgan, distiller suyuqligi tashlanuvchi chiqindiyig’gichning hozirgi ahvoldagi rasmi keltirilgan. Rasm Googl earth programmasi yordamida tepadan olingan va chiqindiyig’gichning egallagan maydoni keltirilgan. Rasmda chiqindiyig’gichning to’lganligini va atrof-muhitga yuqori minerallasuvga ega distiller suyuqligining oqib chiqqan joylari mavjudligini ko’rish mumkin.

1-rasm.

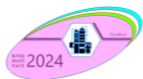
“Qo’ng’irot soda zavodi” MChJ qo’shma korxonasiga tegishli bo’lgan, distiller suyuqligi tashlanuvchi chiqindiyig’gich



1-jadval.

2022-yil mobaynida “Qo’ng’irot soda zavodi” MChJ qo’shma korxonasi kal’tsiylantirilgan soda ishlab chiqarishining I va II navbatlaridan ajralib chiqqan distiller suyuqligining kimyoviy tahlil natijalari

| Modda formulasi | 2022-yil uchun distiller suyuqligining kimyoviy tahlil natijalari % (og’irlik.) | | | |
|--------------------------------------|---|-------------|--------------|-------------|
| | I - chorak | II - chorak | III - chorak | IV - chorak |
| I – navbat ishlab chiqarish liniyasi | | | | |
| NaCl | 4,19 | 4,20 | 4,17 | 4,20 |
| Na ₂ SO ₄ | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| CaO (umumiy.) | 0,47 | 0,46 | 0,49 | 0,48 |
| CaCO ₃ | 0,31 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |



| | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| MgO | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,05 |
| CaCl ₂ | 10,18 | 10,01 | 10,19 | 10,22 |
| H ₂ O | 84,55 | 84,77 | 83,58 | 84,53 |
| II – navbat ishlab chiqarish liniyasi | | | | |
| NaCl | 4,23 | 4,23 | 4,22 | 4,25 |
| Na ₂ SO ₄ | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| CaO (umumiy.) | 0,50 | 0,48 | 0,49 | 0,48 |
| CaCO ₃ | 0,39 | 0,37 | 0,38 | 0,37 |
| MgO | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| CaCl ₂ | 10,12 | 10,21 | 10,12 | 10,15 |
| H ₂ O | 84,45 | 84,42 | 84,5 | 84,46 |

Distiller suyuqligini tayyor mahsulotlarga qayta ishlash usuli quydagi jarayonlarning ketma-ketligiga asoslanadi:

- SiChMMni ajratish uchun distillangan suyuqlikni filtrlash (soda ishlab chiqarishning mineral mahsuloti);

- filtratning tarkibidagi Ca(OH)₂ qoldig'ini karbonizatsiyalash va hosil bo'lgan kimyoviy cho'ktirilgan bo'rni (kaltsiy karbonat) filtrlash orqali ajratish.;

- filtratni bug'lash va sentrifugada natriy xloridini ajratish;

- sentrifugadan keyin filtratni quyuqlashtirish;

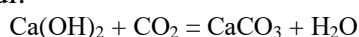
- quyultirilgan eritmani suyuq qatlamli quritgich-donadorlagichida quritish;

- olingan texnik kaltsiy xlorid donalarini sovutish;

Distiller suyuqligini tayyor mahsulotlarga qayta ishlash usulida - distiller suyuqligi avval filtr plitasi va kameralardan iborat filtr presslari yordamida mexanik suspenziyalardan ajratiladi.

Filtrlash jarayonida filtr presslarida distiller suyuqligidagi qattiq qoldiq suyuqlikdan ajratiladi. Distiller suyuqligining qattiq qoldig'i soda ishlab chiqarishining mineral mahsulotidir (SiChMM).

Distiller suyuqligini filtrlagandan so'ng qolgan filtrat ohak pechlari gazi yordamida karbonizatsiyalanadi. Bu jarayon uchun pech gazi tarkibida karbonat angidrid konsentratsiyasi kamida 21%(ob.) bo'lishi zarur. Karbonizatsiya jarayonidagi distiller suyuqligiga karbonat angidrid gazining CO₂ so'rilishi va hosil bo'lgan kimyoviy cho'ktirilgan bo'rning cho'kishi quyudagi reaksiya bilan ifodalanadi:



2-jadvalda filtratni karbonizatsiyalash uchun ishlatiladigan ohak kuydirish pechidan olingan pech gazining kimyoviy tahlil natijalari keltirilgan.

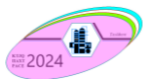
2-jadval.

Ohak kuydirish pechidan olingan pech gazining kimyoviy tahlil natijalari

| Komponent | | Tahlil natijalari | |
|------------------|--------------------|-------------------|---------------|
| Modda formulasi | Molekula og'irligi | kg/soat | Ko'lamli % da |
| CO ₂ | 44,01 | 7492,23 | 25,89 |
| CO | 28,00 | - | - |
| O ₂ | 32,00 | 778,54 | 3,70 |
| N ₂ | 28,01 | 11584,27 | 62,89 |
| H ₂ O | 18,02 | 890,80 | 7,52 |
| Umumiy | кг/соат | 20745,84 | 100 |
| Harorat | °C | 40,00 | |

Filtratni karbonizatsiyalash suyuqlikni unda erigan ohakdan tozalash va jarayonda kimyoviy cho'ktirilgan bo'r (kaltsiy karbonat CaCO₃) olish uchun amalga oshiriladi. Aks holda, bug'latish moslamalarining isitish yuzalariga gips birikmalari qotib qolishi mumkin.

Filtrlashdan so'nggi fil'trat ko'p korpusli bug'latish moslamalarida bug'lanadi. Suyuqlik tarkibidagi CaCl₂ konsentratsiyasi 38-42% bo'lganda, suyuqlik tarkibidagi deyarli barcha natriy xloridi NaCl kristallari cho'kmaga tushadi. Natriy xloridi NaCl kristallaridan tozalangan kaltsiy



xlorid eritmasi keyinchalik quyushtiriladi va suyuq qatlamli quritgich-donadorlagichida quritiladi va olingan kaltsiy xlorid donalari sovutiladi.

Distiller suyuqligini qayta ishlash orqali olingan tayyor mahsulotlar quyidagi sohalarda ishlatiladi:

- soda ishlab chiqarishning mineral mahsuloti (SICHMM) - kimyoviy tarkibi va fizik xususiyatlari bo'yicha ohaktosh yoki bo'r kabi tabiiy minerallar bilan bog'liq bo'lganligi boyis ishlatilgan karerlar va chiqindi poligonlarini qayta tiklash uchun arzon, ekologik xavfsiz mineral meliorativ vosita sifatida ishlatiladi.

- kimyoviy cho'ktirilgan bo'r (kaltsiy karbonat CaCO_3) - qog'oz sanoatida plomba va pigment funktsiyalarini bajaradi, yuqori sifatli qog'oz yuzasiga yorqinlik va tozalik beradi; polimer materiallar plastmassa tarkibida oqlikni to'g'rilydi, zarba kuchini oshiradi, mustahkamlash funktsiyalarini bajaradi; kauchuk mahsulotlarida turli haroratlarda achinma qarshilik, elastiklik va barqarorlikni oshiradi; yog ' va suvga asoslangan bo'yoqlarning tarkibiga kiradi va yopishqoqlikni tartibga soladi, tannarxni pasaytiradi va kompozitsiyaning qoplanishini tartibga soladi.

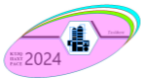
- natriy xloridi NaCl kimyo sanoatida: kaustik soda, xlor, xlorid kislotasi, metall natriy, sintetik qatronlar va boshqalar; gaz va neft sanoati; rangli va qora metallurgiya; energetika sanoati; shisha, yuvish vositalari ishlab chiqarish; tsellyuloza - qog'oz sanoati; tibbiyot; kosmetologiya; qishloq xo'jaligida ishlatiladi;

- texnik kaltsiy xloridi CaCl_2 neft va gaz sanoati; qurilish sanoati; avtomobil yo'llarini ishlatish va qurish; kimyo sanoati; materiallarning muzlashini oldini olish; ko'mir sanoati (chang bosimi); yuvuvchi kimyoviy moddalarini ishlab chiqarishda ishlatiladi.

Ushbu' usul asosida distiller suyuqligini tayyor mahsulotlarga qayta ishlash, uning atrof-muhitga zararli ta'sir ko'rsatishining oldini oladi va olingan tayyor mahsulotlar importdan keladigan tegishli mahsulotlarning o'rnini egallaydi.

Adabiyotlar ro'yxati.

1. Shokin I.N., Krashennikov S.A., Soda technology: A textbook for universities. – M.: Chemistry, 1975. – 287 p.
2. Soda production using low-waste technology: Monograph/Tkach G.A., Shaporev V.P., Titov V.M. – Kh.: KHSPU, 1998. – 429 p.
3. Zaitsev I.D., Tkach G.A., Stoev N.D. Soda production. – M.: Chemistry, 1986. – 312 p.
4. GOST 5100-85 Technical soda ash. Technical conditions. Date of introduction 01.01.86.
5. Melnikov E.Ya., Saltanova V.P., Naumova A.M., Blinova J.S. Technology of inorganic substances and mineral fertilizers: Textbook for technical schools. – M.: Chemistry, 1983. – 432 p.
6. Fedotyev P.P. Collection of Research papers. – L.: 1936.
7. Panasenko V.A. Physico-chemical bases of obtaining soda ash using diethylamine: Dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.17.01 – Kharkiv, 1992. – 203 p.
8. Mikhailova E.O. The victory of the ximic precipitated calcium carbonate in the diamond vein: Abstract. dis. at the second scientific stage of the Candidate of Technical Sciences. – Harkiv. – 2006. – 20 p.
9. GOST 8253-79 Chemically precipitated chalk. Technical conditions.
10. Bikbulatov I.H., Nasyrov R.R., Daminev R.R., Bakiev A.Yu. A method for recycling the main waste of soda ash production // Oil and gas business, 2007. – pp. 1-9.
11. GOST distilled water 20995-75.
12. GOST 8253-79 Chemical precipitated chalk (calcium carbonate CaCO_3).
13. GOST 13830-97 Table salt (sodium chloride NaCl).
14. GOST 450-77 Technical calcium chloride CaCl_2 .



ЭЛЕКТРОПЕРЕНОС КАК НЕОБХОДИМЫЙ РАЗДЕЛ КУРСА ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ.

ELECTRICAL TRANSFER AS A NECESSARY PART OF THE COURSE OF CHEMICAL ENGINEERING.

Равичев Л.В.¹, Ильина С.И.²

¹Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, кафедра процессов и аппаратов химической технологии. 125047, Российская Федерация, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: ravichev.l.v@muctr.ru.

[orcid. 0009-0007-6031-3112](https://orcid.org/0009-0007-6031-3112), тел: +7 910 4347006.

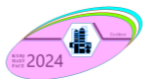
²Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, кафедра процессов и аппаратов химической технологии. 125047, Российская Федерация, Москва, Миусская пл., 9, e-mail: ilina.s.i@muctr.ru.

[orcid. 0000-0002-1706-7792](https://orcid.org/0000-0002-1706-7792), тел: +7 910 4725520.

Аннотация. Базовой фундаментальной инженеринговой дисциплиной являются процессы и аппараты химической технологии. На данный момент курс включает в себя четыре основных раздела: механические процессы и аппараты, гидромеханические процессы и аппараты, тепловые процессы и аппараты и массопередачу. Некоторые книги содержат также главу химические процессы и реакторы. Развитие технологий приводит к развитию дисциплины, однако, на данный момент, несмотря на увеличение перечня описываемых процессов, количество основных разделов остаётся постоянным. Однако, как известно, важную роль в химической технологии играют и процессы, протекающие под действием разности электрических потенциалов, поэтому в целях подготовки грамотных специалистов необходимо ввести раздел, посвященный электропереносу. Для создания единого подхода к математическому описанию процессов, связанных с переносом электрического заряда, предложено уравнение конвективной электропроводности, которое имеет вид, аналогичный уравнению Фурье-Кирхгофа. Выведенное уравнение может быть использовано непосредственно для расчета с помощью пакетов прикладных программ, а также для получения критериев электрического подобия. Отмечено, что числа электрического подобия, полученные на основании уравнения конвективной электропроводности, идентичны числам, полученным путём аналогии с числами теплового подобия. Предложена классификация уравнений переноса с учетом различных видов взаимодействия. Предполагается, что данный подход приведёт к дальнейшему развитию дисциплины процессы и аппараты химической технологии.

Ключевые слова: процессы и аппараты химической технологии, источники энергии, перенос субстанции, перенос электрического заряда, явления переноса, электроперенос. классификация явлений переноса.

Abstract. Is the basic fundamental engineering discipline. At this moment, the course includes the following main parts: mechanical processes and design, hydromechanical processes and design (fluid flow, separation processes), heat transfer and mass transfer. Some books also include chemical processes and reactors. The development of technology leads to the development of discipline, however, at the moment, despite the increase in the list of described processes, the number of main sections remains constant. However, as it is known, processes occurring under the influence of an electrical potential difference also play an important role in chemical technology, therefore, in order to train competent specialists, it is necessary to introduce a part on electrical transfer. To create a unified approach to the mathematical description of the processes associated with the transfer of electric charge, the convective electrical conductivity equation is proposed, which has a form similar to the Fourier-Kirchhoff equation. The derived equation can be used directly for calculation using application software packages, as well as to obtain criteria for electrical similarity. It is noted that the numbers of electrical similarity obtained on the basis of the convective conductivity equation are identical to the numbers obtained by analogy with the numbers of thermal similarity. A classification of the transfer equations is proposed taking into account various types of interaction. It is assumed that this approach will lead to the further development of the discipline of Chemical engineering.



Keywords: *Chemical engineering, energy sources, transfer of substance, electric charge transfer, transfer phenomena, electric transfer, classification of transfer phenomena.*

ВВЕДЕНИЕ. Процессы и аппараты химической технологии как фундаментальная инженерная дисциплина более ста лет. Одним из её родоначальников можно считать Тищенко И.А. Дальнейшее развитие курса связано с работами Касаткина Андрея Георгиевича, Гельперина Нисона Ильича, Плановского Александра Николаевича, Романкова Петра Григорьевича, Дытнерского Юрия Иосифовича и т.д. Традиционно основные разделы рассматривают механические, гидромеханические, тепловые процессы и массопередачу. Здесь необходимо отметить, что в зарубежных учебниках (аналогичная дисциплина носит название Chemical engineering) также рассматриваются процессы, протекающие в химических реакторах – в книгах авторов бывшего СССР такую главу можно встретить крайне редко. Развитие технологий естественным образом привело к увеличению рассматриваемых тем (например, в учебнике по процессам и аппаратам химической технологии Ю.И. Дытнерского, появились главы, посвященные мембранным процессам разделения), однако, количество разделов (или типов) процессов остаётся постоянным.

Однако, возвращаясь к созданию предмета (или курса) процессы и аппараты химической технологии, хотелось бы вспомнить ещё об одном великом учёном, работа которого была предтечей рассматриваемой дисциплины, а именно, Дмитрию Ивановичу Менделееву с его работой «Основы фабрично-заводской промышленности» (1897г.), в которой он отмечает важность электрических процессов для производства [1]. Этому мы находим подтверждение и на практике. Во-первых, существует целое направление – электрохимия. На предприятиях повсеместно применяются электрофлотаторы, электролизеры, электрофильтры. А также, как всем известно, процессы идут до равенства электрохимических потенциалов. Таким образом, включение раздела, посвященного электропереносу, в курс процессов и аппаратов химической технологии был бы логически и практически обоснованным.

Конечно, также логично было бы задаться вопросом: «Почему это не было сделано ранее?»

Ответов может быть множество. Одной из возможных причин является то, что до недавнего времени для получения тепла в качестве энергоресурсов рассматривались в большинстве своём невозобновляемые источники энергии (см. таблицу 1).

Таблица 1. Источники энергии.

| Источники энергии | |
|--|--------------------------|
| Невозобновляемые | Возобновляемые |
| химическая энергия нефти и газа (и т.п.) | солнечная энергия |
| ядерная энергия | энергия морских приливов |
| термоядерная энергия | энергия ветра |
| внутреннее тепло Земли | энергия рек |

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОПЕРЕНОСА

В настоящее время мы видим изменение тенденции к увеличению вклада электрической энергии как на производстве, так и в повседневной жизни.

Однако основной причиной того, что электроперенос не включен в курс процессов и аппаратов химической технологии на наш взгляд является различие подходов в описании гидромеханических, массообменных, тепловых и электрических процессов. Также трудность составляет и различие в словаре терминов: то есть под одним и тем же термином подразумеваются различные процессы и понятия. Например, мы предлагаем назвать раздел «Электроперенос», хотя по аналогии с другими названиями разделов было бы более

созвучно название «Электропередача». Но в электротехнике под электропередачей подразумевают совокупность устройств, а не протекающие процессы, и использование такого термина может привести к непониманию смысла изложенного материала. Тут можно сразу отметить ещё один термин – «нестационарность процесса». Если в процессах и аппаратах нестационарными процессами называют процессы, течение которых зависит от времени, то, говоря о токовых режимах к нестационарным относят не просто переменные и импульсные токи, а те, у которых будут изменяться амплитуда и/или частота. Несмотря на это, на наш взгляд, включение электропереноса в курс процессов и аппаратов химической технологии является необходимым, так как это позволит расширить диапазон знаний обучающихся, а кроме этого, развить систему математических описаний явлений переноса.

Итак, основной задачей было получение уравнения переноса, аналогичного по виду с уравнениями конвективной диффузии, Фурье-Кирхгофа, Навье-Стокса, что могло бы подтвердить единство подходов к математическому описанию процессов переноса электрического заряда, массы, тепла и импульса. Такое уравнение могло бы быть использовано как для расчета с помощью пакетов прикладных программ на компьютере, так и для получения критериев подобия. Необходимо отметить, что на настоящий момент существуют научные направления – электрогидродинамика, магнитогидродинамика [2-6], но используемые там уравнения не имеют вида, схожего с упомянутыми ранее уравнениями, таким образом, не могут являться подтверждением тезиса о возможности аналогичности описания. А критерии электрического подобия, которые используются в этих разделах для математических описаний, как раз получены методом аналогий с известными критериями (как правило теплового подобия), а не выведены из уравнений (что, однако, не делает их некорректными).

Для решения вышеставленной задачи было использовано уравнение переноса субстанции:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \tau} = -\operatorname{div} \vec{j} + \gamma, \quad (1)$$

где φ – потенциал переноса (рассматриваемая субстанция, отнесенная к единице объема), τ – время; γ – удельная объемная плотность притока; j – плотность потока субстанции.

На основании уравнения (1) было получено уравнение переноса заряда:

$$\frac{\partial \rho_v}{\partial \tau} + \operatorname{div} \vec{\omega} \rho_v = b \operatorname{div} \operatorname{grad} \rho_v, \quad (2)$$

где ρ_v – плотность заряда, Кл/м³; τ – время, с; ω – скорость, м/с; b – коэффициент зарядопроводности, м²/с.

$$b = \frac{\sigma}{C_m \rho},$$

где σ – удельная электропроводность, См/м; C_m – удельная емкость (емкость, отнесенная к массе среды), Кл/В·кг; ρ – плотность среды, кг/м³.

С учетом математических преобразований при условии неразрывности потока получается:

$$\frac{\partial \rho_v}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial \rho_v}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial \rho_v}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial \rho_v}{\partial z} = b \nabla^2 \rho_v, \quad (3)$$

Легко заметить, что уравнение (2) аналогично виду уравнения Фурье-Кирхгофа:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial T}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial T}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial T}{\partial z} = a \nabla^2 T, \quad (4)$$

где T – температура, К; a – коэффициент температуропроводности, м²/с.

Необходимо отметить также и тот факт, что коэффициенты a и b имеют одинаковую размерность (ту же размерность имеют и коэффициент кинематической вязкости, и коэффициент диффузии). Собственно, поэтому коэффициент b , по аналогии с коэффициентом a , нами и был назван коэффициентом зарядопроводности. Также по аналогии с уравнением Фурье-Кирхгофа (4) уравнение (3) было названо уравнением конвективной электропроводности.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что перенос электрического заряда можно описать с помощью такого же математического подхода, как и процессы переноса массы, тепла и импульса, и является дополнением системы уравнений переноса. Интерес представляет и то, что такая система соотносится с теорией фундаментальных *взаимодействий*. Так как в химической технологии воздействие на объект осуществляется на макро-, микроуровнях, а также полем, то на основании этого была предпринята попытка классифицировать математические описания явлений переноса (см. таблицу 2).

Необходимо учесть, что параметры характеристик тоже связаны между собой: если рассматривать гравитационное взаимодействие – импульс является производной по скорости от кинетической энергии, а масса – производной от импульса.

Как видно, данная таблица не полностью заполнена – это задача для более глубокого анализа математических описаний явлений переноса. Кроме этого, все приведенные уравнения выведены с учетом неразрывности потока. Однако, на наш взгляд, систематизация применения математических описаний явлений переноса позволит унифицировать алгоритмы расчета различных процессов.

Таблица 2. Классификация математических описаний явлений переноса.

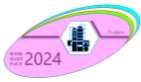
| | характеристика | молекулярный перенос | конвективный перенос | поле | виды волн |
|---------------------------------|---------------------|---|----------------------|---------------------|--|
| Гравитационное взаимодействие | масса | Уравнения конвективной диффузии | | | упругие, звуковые, волны на поверхности жидкости |
| | импульс | Уравнения Навье-Стокса | | | |
| | энергия | Уравнения МКТ | Уравнение Бернулли | | |
| Электромагнитное взаимодействие | электрический заряд | Уравнения конвективной электропроводности | | Уравнения Максвелла | радиоволны, свет излучения |
| | импульс | | | | |
| | энергия | Уравнения Фурье-Кирхгофа (для тепловой энергии) | | | |

При расчете процессов, протекающих под действием нескольких движущих сил, уравнения могут дополнять друг друга. Здесь стоит вернуться к процессам, одной из движущих сил которых является разность электрических потенциалов. На данный момент основным уравнением для их математического описания используется уравнение Нернста-Планка:

$$J = -D \frac{dc}{dx} - zFU_m c \frac{d\varphi_e}{dx}, \quad (5)$$

где J – поток вещества, кмоль/м²·с; D – коэффициент диффузии, м²/с; c – концентрация, кмоль/м³; z – валентность иона; F – число Фарадея; U_m – подвижность иона м²/В·с; φ_e – электрический потенциал, В.

Очевидно, что для нейтральных носителей это уравнение преобразуется к уравнению Фика. Это подтверждает то, что единство подхода к классификации может (и должно) существовать, так как уравнение Фика – это частный случай уравнения конвективной диффузии для стационарного переноса вещества в отсутствии конвекции. В некоторых литературных источниках можно встретить так называемое уравнение Нернста-Планка-



Пуассона, где к уравнению (5) добавляется ещё конвективная составляющая ωc , что также согласуется с уравнением конвективной диффузии. Вклад же переноса за счет электрического взаимодействия можно трактовать как приток субстанции, обозначенный в уравнении (1) величиной γ . Это ещё раз подчеркивает унификацию математического описания для процессов, протекающих под действием различных движущих сил, а также при одновременном их воздействии.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССОВ, СОПРЯЖЕННЫХ С ЭЛЕКТРОПЕРЕНОСОМ

Однако при всём вышеизложенном (то, что уравнение Нернста-Планка согласуется с предлагаемой системой единства подхода к математическому описанию), это уравнение не является универсальным, так как не учитывает возможность изменения заряда во времени (фактически оно является частным случаем уравнения переноса массы). Собственно, поэтому мы и получили уравнение переноса заряда, учитывающее и временные характеристики.

Следуя дальше системе единого подхода, процессы, связанные с переносом вещества или тепловой энергии под действием разности электрических потенциалов можно описывать с помощью критериальных уравнений. Например, для электромассообменных процессов

$$Nu_D = Sh = f(Fo, Fo_q, Fo_D, Re, Pr, Pr_q, Pr_D, i/i_{np}, l/d, \dots), \quad (6)$$

где Nu_D – диффузионное число Нуссельта, или число Шервуда Sh ; Fo – число Фурье; Fo_e – электрическое число Фурье; Fo_D – диффузионное число Фурье; Re – число Рейнольдса; Pr – число Прандтля; Pr_e – электрическое число Прандтля; Pr_D – диффузионное число Прандтля, или число Шмидта Sc ; i/i_{np} – отношение рабочей и предельной плотностей тока; d – отношение геометрических характеристик канала.

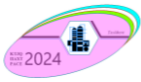
Стоит отметить, что в литературе [7,8] можно встретить подход к математическому описанию с помощью критериальных уравнений. Это ещё раз подтверждает аналогию процессов, движущей силой которых является разность электрических потенциалов с массообменными, теплообменными и гидромеханическими.

В качестве апробации предлагаемой теории нами был проведен анализ протекания электродиализного разделения на пульсационных токах с помощью критериев подобия. Это позволило количественно объяснить влияние конфигурации пульсаций на перенос вещества через мембрану [9].

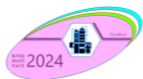
ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В заключении можно сделать вывод, что на основании системного подхода можно получить уравнение конвективной электропроводности, аналогичное уравнениям конвективной диффузии, конвективной теплопроводности (Фурье-Кирхгофа) и Навье-Стокса. Единство в описании процессов позволяет включить процессы, связанные с электропереносом, в курс процессов и аппаратов химической технологии в качестве самостоятельного раздела. В связи с этим потребуются уточнение формулировок с целью понятного и корректного отображения излагаемой информации. Однако это не должно являться препятствием к расширению курса, так как внесение раздела электропереноса не только позволит повысить уровень подготовки инженеров, но и, как мы надеемся, приведет к разработке более эффективных процессов и даст развитие химической промышленности в целом.

Список литературы:

1. Менделеев Д.И. Основы фабрично-заводской промышленности Выпуск 1-й./ Д.И. Менделеев – С.-Петербург: Издание Д. Менделеева, 1897. – 201 с.
2. Саранин В.А. Устойчивость равновесия, зарядка и конвекция жидких масс в электрических полях: дис. Док. Тех. Наук: 01.02.05 // СаранинВладимирАлександрович. – Глазов, 1999.



3. Жакин А.И. Электродинамика // Успехи физических наук, 2012. – Т.182, №5. - С.495-520.
4. Agnaou M., Sadeghi M.A., Tranter T.G., Gostick J.T. Modeling transport of charged species in pore networks: Solution of the Nernst-Planck equations coupled with fluid flow and charge conservation equations Computers and Geosciences, 2020, Issue 140. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2020.104505>
5. Luo K., Wu J., Yi H-L., Tan H-P. Lattice Boltzmann modelling of electro-thermo-convection in a planar layer of dielectric liquid subjected to unipolar injection and thermal gradient // International Journal of Heat and Mass Transfer, 2016. - №103. – С.832-846.
6. Куликовский А.Г., Любимов Г.А. Магнитная гидродинамика. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Логос, 2005. – 328 с.: ил.
7. Ильин В.А., Пономарева Л.А. Электродинамика слабопроводящей жидкости в высокочастотном электрическом поле // Вестник пермского университета. 2013. - №3(25). – С.28-36.
8. Алтунин К.В. Модификация критерия подобия электрической конвекции// Инженерный журнал: наука и инновации, 2022, №6, с.1-14.
9. Быков В.И., Титов А.А., Свитцов А.А., Ильина С.И. Логинов В.Я. Равичев Л.В. Исследование электролиза при пульсирующем токе // Химическая промышленность сегодня 2024. №3. С. 30-35.



ИННОВАЦИОННЫЙ ЭЛЕМЕНТ НАСАДКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕДАЧИ

INNOVATIVE PACKING ELEMENT FOR ENHANCED MASS TRANSFER PROCESSES

Ланкин Роман Игоревич¹, Францкевич Виталий Станиславович², Ян Ян³,
Нурмухамедов Хабибулла Сагдуллаевич⁴

¹Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь,
e-mail: roman1471@icloud.com, orcid.0009-0009-9356-094X

²Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь,
e-mail: fvs2@tut.by, orcid.0000-0002-4126-8850

³Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь,

⁴ Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Республика Узбекистан,
e-mail: haasbek1952@gmail.com, orcid.0000-0002-2868-3144

Аннотация: Развитие промышленности неизбежно ведет к увеличению объемов производства, что, в свою очередь, приводит к росту количества промышленных выбросов, попадающих в атмосферу. Для удовлетворения растущего спроса на товары и материалы, современные заводы и производственные предприятия оснащаются мощными технологическими системами и высокоэффективным оборудованием. Одной из наиболее важных задач, стоящих перед промышленным сектором, является необходимость эффективной очистки и очистки отходящих промышленных газов. Правильная обработка и фильтрация этих промышленных выбросов жизненно важна для извлечения ценных компонентов из отходящих потоков, а также для защиты окружающей среды от вредного загрязнения и загрязнения. Одним из широко используемых в химической и других отраслях промышленности типов оборудования являются насадочные колонны. Эти колонны используются для различных процессов массообмена и теплообмена, таких как абсорбция, ректификация, экстракция, а также для охлаждения газов и жидкостей. Среди различных конструкций насадочных колонн, особое распространение получили аппараты с подвижной или псевдооживленной насадкой. В данной работе предлагается конструкция инновационного элемента насадки, предназначенного для интенсификация массообменных процессов. Кроме того, в статье рассматривается способ расположения впадин на поверхности элементов сферической насадки, а также исследуется толщина водяной пленки на поверхности таких элементов.

Annotation: The development of industry inevitably leads to an increase in production volumes, which, in turn, leads to an increase in the amount of industrial emissions entering the atmosphere. To meet the growing demand for goods and materials, modern factories and production enterprises are equipped with powerful technological systems and highly efficient equipment. One of the most important tasks facing the industrial sector is the need for effective cleaning and purification of exhaust industrial gases. Proper treatment and filtration of these industrial emissions is vital for extracting valuable components from the exhaust streams, as well as for protecting the environment from harmful pollution and contamination. One of the widely used types of equipment in the chemical and other industries is packed columns. These columns are used for various mass transfer and heat transfer processes, such as absorption, rectification, extraction, as well as for cooling gases and liquids. Among the various designs of packed columns, columns with mobile or fluidized packing have become particularly widespread. This work proposes the design of an innovative packing element intended to intensify mass transfer processes. Moreover, the article discusses the method of arranging depressions on the surface of the spherical packing elements, and also examines the thickness of the water film on the surface of such elements.

Ключевые слова: абсорбция, насадка, подвижная насадка, расположение впадин, площадь поверхности, водяная пленка.

Keywords: absorption, nozzle, movable nozzle, location of depressions, surface area, water film.

Введение. Массообменные аппараты с подвижной насадкой являются важным классом оборудования, широко применяемым в различных отраслях промышленности, таких как химическая, нефтехимическая, пищевая и другие. Они используются для осуществления таких массообменных процессов, как ректификация, абсорбция, десорбция, экстракция и многие другие. Данные аппараты играют ключевую роль в реализации эффективных технологических схем разделения и очистки веществ [1].

В массообменных аппаратах с подвижной насадкой процесс массопередачи происходит между двумя фазами (газ-жидкость, жидкость-жидкость) с развитой межфазной поверхностью. Отличительной особенностью этих аппаратов является наличие движущейся насадки, которая способствует интенсификации массообменных процессов за счет увеличения турбулентности потоков и обновления межфазной поверхности. Равномерное распределение точек на поверхности шара является важной характеристикой при проектировании движущейся насадки, поскольку позволяет достичь максимальной эффективности контактирования фаз. Это достигается путем оптимизации формы и размера частиц насадки, а также их расположения внутри аппарата [2].

Равномерное распределение точек на поверхности шара является важной характеристикой при проектировании движущейся насадки, поскольку позволяет достичь максимальной эффективности контактирования фаз. Существует несколько основных типов массообменных аппаратов с подвижной насадкой, различающихся по типу движения насадки (вращательное, возвратно-поступательное, колебательное), конструкции корпуса (колонного, тарельчатого, контактного типа) и другим параметрам [3, 4].

Подробное рассмотрение особенностей конструкции, принципа действия и областей применения данных аппаратов, с учетом равномерного распределения точек на поверхности шара, является целью данной работы.

Методы исследования и полученные результаты. Насадка для массообменных процессов представляет собой сплошную сферу, в которой расположены впадины в форме полусфер, количество которых зависит от величины диаметра шара, измеряемого в миллиметрах. Глубина таких впадин варьируется в пределах 0,08–0,095 от диаметра шара, также измеряемого в миллиметрах, а расстояние между которыми 0,3–0,7 диаметров впадин [5].

Проведенные исследования показывают в предложенной насадке что гидравлическое сопротивление меньше по сравнению с гладким шаром одинакового диаметра.

В исследуемой конструкции для увеличения площади контакта жидкой фазы с газом в качестве насадок использовались шары с впадинами, запатентованной конструкции [5]. Предложенный элемент насадки представлен на рисунке 1.

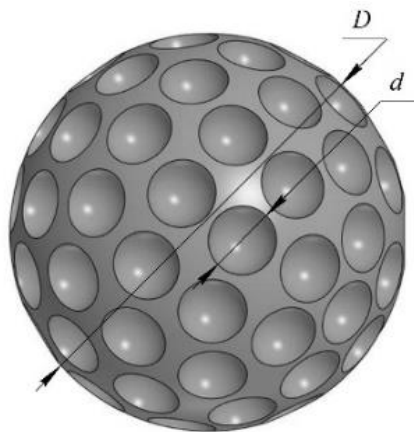


Рисунок 1. Шар со впадинами

Важной задачей в исследовании было определить способ равномерного расположения впадин на поверхности сферической насадки. Для этой цели была использована сферическая система координат.

Применение сферической системы координат позволило разработать методику организации впадин на поверхности шарового элемента насадки таким образом, чтобы они были распределены равномерно. Это имело важное значение для обеспечения оптимального увеличения эффективной площади поверхности, доступной для массообменных процессов.

При распределении впадин было выбрано 9 уровней, через каждые $\pi / 8$ рад. На I уровне координаты, на которых располагаются впадины, будут записаны следующим образом:

$$r = R \quad \theta = 0 \quad \varphi = 0 \tag{1}$$

На II и последующих уровнях:

$$r = R \quad \theta = \frac{\pi}{8} \quad \varphi = \frac{\pi}{6} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 5 \tag{2}$$

$$r = R \quad \theta = \frac{\pi}{4} \quad \varphi = \frac{\pi}{11} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 10 \tag{3}$$

$$r = R \quad \theta = \frac{3 \cdot \pi}{8} \quad \varphi = \frac{\pi}{14} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 13 \tag{4}$$

$$r = R \quad \theta = \frac{\pi}{2} \quad \varphi = \frac{\pi}{15} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 14 \tag{5}$$

$$r = R \quad \theta = \frac{5 \cdot \pi}{8} \quad \varphi = \frac{\pi}{14} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 13 \tag{6}$$

$$r = R \quad \theta = \frac{3 \cdot \pi}{4} \quad \varphi = \frac{\pi}{11} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 10 \tag{7}$$

$$r = R \quad \theta = \frac{7 \cdot \pi}{8} \quad \varphi = \frac{\pi}{6} \cdot k, \quad k = 0, \dots, 5 \tag{8}$$

$$r = R \quad \theta = \pi \quad \varphi = 0 \tag{9}$$

Анализ в декартовой системе координат показал, что специфическое расположение впадин на поверхности сферической насадки увеличивает общую площадь поверхности по сравнению с гладкой сферической поверхностью. Это объясняется тем, что впадины создают дополнительную площадь поверхности, доступную для контакта между фазами в массообменных процессах, таких как абсорбция, ректификация и экстракция.

Математическое моделирование в декартовой системе координат позволило количественно оценить рост эффективной площади поверхности, достигаемый за счет предложенной конструкции элемента насадки со специальным расположением впадин. Это увеличение площади поверхности является ключевым фактором, обеспечивающим повышение интенсивности и эффективности массообменных процессов в промышленных аппаратах с использованием данного типа насадки.

Зависимость для определения площади впадин на поверхности сферического элемента насадки выглядит следующим образом:

$$S_o = \pi r^2 \left(1 - \frac{r}{R}\right) \cdot n \quad (10)$$

Общая площадь поверхности шара будет определяться по зависимости:

$$S_{\text{общ}} = 4\pi R^2 + \pi r^2 \left(1 - \frac{r}{R}\right) \cdot n \quad (11)$$

Данная зависимость будет учитываться в дальнейшем при исследовании процессов массообмена.

Шар с описанными выше параметрами был разработан и распечатан на 3D-принтере, с которым были проведены исследования по выявлению толщины водяной пленки на единичном элементе. Изучение толщины пленки важно для проведения процесса массообмена. Суть эксперимента заключалась во взвешивании шара до и после погружения в жидкость.

В ходе серии испытаний средняя разность масс шара до и после погружения составляла 2,89 грамм. используя эту массу, а также зная плотность воды ($\rho = 1000 \text{ кг / м}^3$), найдем объем жидкости, который остался на шаре (так называемая пленка).

Толщина пленки δ рассчитывалась следующим образом. Используя формулу (10), найдем площадь поверхности шара. Она составляет $S_{\text{общ}} = 7530,96 \text{ мм}^2$.

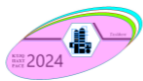
Используя объем жидкости и площадь поверхности шара, тем самым найдем толщину водяной пленки δ_p , находящейся на шаре после погружения в жидкость. Для шара диаметром 40 мм толщина пленки составляет $\delta_p = 385 \text{ мкм}$.

Заключение. Представленное исследование предлагает инновационную конструкцию элемента насадки для массообменных аппаратов с подвижной (псевдооживленной) насадкой. Ключевыми особенностями предлагаемого элемента является специфическое расположение впадин на поверхности сферической насадки, что направлено на улучшение распределения точек контакта и увеличение эффективной поверхности для процессов массообмена.

Исследование толщины водяной пленки на поверхности шара дает представление о гидродинамическом поведении насадки, что имеет решающее значение для эффективной работы процессов абсорбции, ректификации и экстракции.

В целом, исследование, представляет ценный вклад в оптимизацию массообменных операций, особенно в химической, нефтехимической и других отраслях, где широко используется технология насадочных колонн. Предлагаемый инновационный элемент насадки имеет потенциал для повышения производительности и эффективности различных процессов, основанных на массообмене, что приводит к улучшению производительности, использования ресурсов и защиты окружающей среды.

Список литературы



1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 2005. – 752 с.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. – М.: Химия, 1995. – 400 с.
3. Maćkowiak J. Fluid Dynamics of Packed Columns. Principles of the Fluid Dynamic Design of Columns for Gas/Liquid and Liquid/Liquid Systems. – Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. – 355 p.
4. Billet R. Packed Towers in Processing and Environmental Technology. Translated by Fullarton J.W. – Weinheim: VCH, 1995. – 382 p.
5. Насадка для массообменных процессов: полез. модель ВУ 13477 / В.С Францкевич, Р.И. Ланкин. – Оpubл. 20.05.2024

РАСЧЁТ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА В КУЗОВ АВТОРЕФРИЖЕРАТОРА SHANGAN

Каримов К.Ф¹., Закирова Н.С²., Турапов А.У³.

¹Ташкентский государственный технический университет
Узбекистан, e-mail: kudrat_kf@list.ru, тел. +998903251473

²Ташкентский государственный технический университет
Узбекистан, e-mail: nzakirovaskt@gmail.com, тел. +998903288825

³Ташкентский государственный технический университет
Узбекистан, e-mail: turapovaziz606@gmail.com, тел. +998997117001

Аннотация. Детально изучена конструкция предложенных заказчиком минифургонов для транспортировки вакцин. При определенных габаритных размерах, материале и конструкции изоляции, мощности двигателя автофургона установлены температурные режимы во время перевозки грузов с учетом климатических особенностей региона. Согласно имеющимся данным были произведены тепловые расчеты. В результате выполненных расчетов определена холодопроизводительность авторефрижератора.

Ключевые слова: авторефрижератор, коэффициент теплопередачи, теплотехнический расчет, кузов, тепловой поток, холодопроизводительность, холододовая цепь.

Annotation: The design of minivans proposed by the customer for transporting vaccines was studied in detail. With certain overall dimensions, insulation material and design, and engine power of the van, temperature conditions during the transportation of goods are established, taking into account the climatic characteristics of the region. According to available data, thermal calculations were made. As a result of the calculations performed, the refrigerating capacity of the refrigerated truck was determined.

Key words: refrigerated truck, heat transfer coefficient, thermal calculation, body, heat flow, refrigeration capacity, cold chain.

Введение. Безопасное хранение вакцин является важнейшим компонентом защиты пациентов от болезней. Правильное хранение вакцин является неотъемлемой частью обеспечения качественного ухода за пациентами. Для поддержания эффективности вакцины необходимо поддерживать холододовую цепь вакцины. Согласно CDC, холододовая цепь для вакцин представляет собой среду с регулируемой температурой, используемую для хранения и распространения вакцин в оптимальных условиях. Он начинается с производителя и заканчивается местом введения вакцины. Если холододовая цепь вакцины не поддерживается, вакцина потеряет эффективность и станет неэффективной. Транспортирование и хранение вакцины на всем протяжении от производителя до потребителя должно осуществляться в соответствии с принципами «холододовой цепи».

Оборудование, предназначенное для транспортировки и хранения вакцины должно обеспечивать заданный температурный режим в течение всего времени транспортирования и хранения при любой допустимой степени загрузки с учетом колебаний температуры в течение года в конкретной климатической зоне.

Теплотехнический расчет рефрижераторного кузова. Нами детально изучена конструкция привезенных в страну минифургонов-рефрижераторов Changan для транспортировки вакцин. Определены габаритные размеры, материал и конструкция изоляции, мощность двигателя автофургона. Установлены температурные режимы во время перевозки грузов с учетом климатических особенностей региона. Согласно имеющимся данным, были произведены тепловые расчеты для определения всех теплопритоков в холодильную камеру, в том числе теплоприток через ограждения кузова изотермического фургона вследствие разности температур воздуха снаружи и внутри грузового помещения, теплоприток вследствие поступления наружного воздуха через неплотности в дверях, люках, местах проходов трубопроводов и др., теплоприток от воздействия солнечной радиации, теплоприток вследствие поступления наружного воздуха при вентилировании грузового помещения, теплоприток, эквивалентный работе электродвигателей вентиляторов воздухоохладителей в грузовом помещении и др.

Расчет рефрижераторного кузова охватывает тепловой расчет, имеющий целью определение общего количества тепла, отводимого при работе холодильной установки кузова, а также установление потребной холодопроизводительности холодильной машины, по которой подбирают компрессор и теплообменные аппараты.

Порядок теплового расчета зависит от состояния груза перед погрузкой, заданного в исходных данных.

При проведении теплового расчета используем значения:

Длина кузова: 2,5 м;

Ширина кузова: 1,4 м;

Высота кузова: 1,3 м.

Площадь поверхности стен

Торцевой стены: $F_{с.т} = (1,4 \cdot 1,3)2 = 3,64 \text{ м}^2$

Боковых стен: $F_{б.ст} = (2,5 \cdot 1,3)2 = 6,5 \text{ м}^2$

Площадь крыши: $F_{кр} = 2,5 \cdot 1,4 = 3,5 \text{ м}^2$

Площадь пола: $F_{пол} = 2,5 \cdot 1,4 = 3,5 \text{ м}^2$

Определим коэффициент теплопередачи:

торцовые, боковые стены и крыша: $\delta_1 = 0,5 \text{ мм}$ лист прокат, $\lambda_1 = 58 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; $\delta_2 = 50 \text{ мм}$ пенопласт, $\lambda_2 = 0,041 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; $\delta_3 = 0,5 \text{ мм}$ лист прокат, $\lambda_3 = 58 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;

пол: $\delta_4 = 5 \text{ мм FRP}$ полиэфирный лист, $\lambda_4 = 0,175 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; $\delta_5 = 0,5 \text{ мм}$ защитная пластина (материал алюминий), $\lambda_5 = 210 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; $\delta_5 = 3 \text{ мм}$ лист прокат нержавеющей сталь, $\lambda_5 = 15 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Маршрутную скорость примем $w = 70 \text{ км/ч}$.

Коэффициент теплоотдачи от воздуха к наружной стене при скорости движения воздуха $w = 19,44 \text{ м/с}$ определяем по формуле:

$$\alpha_n = 4,2 + 13\sqrt{w} = 4,2 + 13\sqrt{19,44} = 61,5 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

Коэффициент теплоотдачи от внутренней стены кузова к воздуху при принудительной циркуляции воздуха принимаем:

$$\alpha_b = 9 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

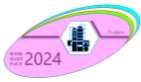
Коэффициент теплопередачи:

торцовые, боковые стены и крыша:

$$k = \frac{1}{1/\alpha_n + \sum \delta/\lambda + 1/\alpha_b} = \frac{1}{1/61,5 + 0,0005/58 + 0,05/0,041 + 0,0005/58 + 1/9} = 0,743 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}.$$

пол:

$$k = \frac{1}{1/\alpha_n + \sum \delta/\lambda + 1/\alpha_b} = \frac{1}{1/61,5 + 0,0005/0,175 + 0,0005/210 + 0,003/15 + 1/9} = 6,4$$



$Bm/(m^2 \cdot K)$.

Тепловые мостики в ограждении кузова увеличивают расчетный коэффициент теплопередачи примерно на 50%, тогда:
торцовые, боковые стены и крыша:

$$k = 1,5 \cdot 0,743 = 1,12 Bm/(m^2 \cdot K)$$

пол:

$$k = 1,5 \cdot 6,4 = 9,6 Bm/(m^2 \cdot K)$$

Тепловой расчёт при перевозке предварительно охлаждённого груза. Уравнение общего теплового баланса имеет вид

$$Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8, Bm$$

где $Q_{\text{общ}}$ – общий теплоприток в грузовое помещение вагона;

Q_1 – теплоприток через ограждение кузова вагона вследствие разности температур воздуха снаружи и внутри грузового помещения;

Q_2 – теплоприток вследствие поступления наружного воздуха через неплотности в дверях, люках, местах проходов трубопроводов и др.;

Q_3 – теплоприток от воздействия солнечной радиации;

Q_4 – теплоприток вследствие поступления наружного воздуха при вентилировании грузового помещения;

Q_5 – теплоприток, эквивалентный работе электродвигателей вентиляторов циркуляторов воздуха в грузовом помещении;

Q_6 – теплоприток от охлаждения груза и тары в грузовом помещении;

Q_7 – теплоприток вследствие оттаивания снеговой «шубы» воздухоохладителя. Принимают 200 Bm;

Q_8 – теплоприток вследствие открывания дверей.

Указанные выше элементарные теплопритоки в грузовое помещение вычисляют в зависимости от состояния груза, условий перевозки, типа кузова по формулам

$$Q_1 = K_{\text{пр}} \cdot F(t_{\text{н.ср.сут.}} - t_{\text{в}}), Bm,$$

торцовые, боковые стены и крыша:

$$Q_1 = K_{\text{пр}} \cdot F(t_{\text{н.ср.сут.}} - t_{\text{в}}) = 1,12(3,64 + 6,5 + 3,5)(37 - 0) = 565 Bm,$$

пол:

$$Q_1 = K_{\text{пр}} \cdot F(t_{\text{н.ср.сут.}} - t_{\text{в}}) = 9,6 \cdot 3,5(60 - 0) = 2016 Bm,$$

$$Q_{\text{общ}} = 565 + 2016 = 2581 Bm,$$

где $K_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент теплопередачи, $Bm/(m^2 \cdot K)$; F – площадь теплопередающей поверхности вагона, m^2 , принимают в зависимости от типа кузова;

$t_{\text{н.ср.сут.}}$ – среднесуточная температура наружного воздуха, принимаем значение $+37 \text{ }^\circ\text{C}$;

$t_{\text{в}}$ – температура воздуха внутри грузового помещения, принимаем значение $+0 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$Q_2 = \frac{0,3V_{\text{полн}}}{3,6} \rho_{\text{в}}(i_{\text{н}} - i_{\text{вн}}) = \frac{0,3 \cdot 4,55}{3,6} \cdot 1,18(62 - 8) = 25 Bm,$$

где $V_{\text{полн}}$ – полный объем грузового помещения вагона, m^3 ; $\rho_{\text{в}} = 1,17 \div 1,20$ – плотность влажного воздуха, $кг/м^3$; $i_{\text{н}}$; $i_{\text{вн}}$ – удельные энтальпии соответственно наружного воздуха и воздуха в грузовом помещении, $кДж/кг$; принимают по $I - d$ диаграмме по значениям $t_{\text{н}}$, $\varphi_{\text{н}}$ и $t_{\text{в}}$, $\varphi_{\text{в}} = 90 \%$.

$$Q_3 = 0,5KF_{\text{н}} \cdot \Delta t_{\text{с}} \cdot \frac{\tau_{\text{ср}}}{24}, Bm,$$

торцовые, боковые стены и крыша:

$$Q_{3\text{T}} = 0,5 \cdot 1,12 \cdot 3,64 \cdot 4,25 = 5 Bm,$$

$$Q_{3\text{б}} = 0,5 \cdot 1,12 \cdot 6,5 \cdot 6,4 \cdot \frac{12}{24} = 12 Bm,$$

$$Q_{3\text{б}} = 0,5 \cdot 1,12 \cdot 3,5 \cdot 8,25 \cdot \frac{12}{24} = 8 Bm,$$

пол:

$$Q_{3\text{пол}} = 0,5 \cdot 9,6 \cdot 3,5 \cdot 2 \cdot \frac{12}{24} = 17 Bm,$$

$$Q_{3\text{общ}} = 5 + 12 + 8 + 17 = 42 Bm,$$

где $\tau_{cp} = 12 \div 16$ – продолжительность солнечного облучения в течение суток летом, час;
 K – коэффициент теплопередачи, $Bm/(m^2 \cdot K)$.

Δt_c – превышение температуры наружной поверхности кузова над температурой окружающей среды при солнечной радиации.

$$Q_2 = \frac{nV_{полн}}{24 \cdot 3,6} \rho_B (i_H - i_{BH}), Bm$$

где n – кратность вентилирования грузового помещения в сутки. Принимают $n = 10$.

При отсутствии вентилирования принимают $Q_4 = 0$.

$$Q_5 = 1000 \cdot N_{дв} \cdot \eta_{дв} \cdot \eta \cdot \frac{\tau_{вен}}{24}, Bm$$

$$Q_5 = 1000 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot \eta \cdot \frac{12}{24} = 40, Bm$$

где $N_{дв}$ – мощность электродвигателя вентилятора-циркулятора, kBm ; $\eta_{дв}$ – количество электродвигателей; η – коэффициент выделения тепла, зависит от места расположения электродвигателя относительно грузового помещения. Принимают $\eta = 0,8$.

$\tau_{вен} = 12$ – продолжительность работы вентилятора в течение суток, час.

$$Q_6 = G_r \cdot c_r \cdot \gamma_r \cdot \frac{\Delta t}{3,6 \cdot \Delta t}, Bm,$$

$$Q_6 = 0$$

где G_r – масса продукта, kg ; γ_r – погрузочная плотность с тарой. Принимают осредненное значение $280 kg/m^3$; c_r – удельная теплоемкость груза.

$$Q_8 = q_{дв} (t_H - t_{BH}) \frac{\tau_{дв}}{60 \cdot \tau_p} Bm,$$

$$Q_8 = 120(37 - 0) \frac{10}{60 \cdot 8} = 93 Bm,$$

где $q_{дв}$ – удельный расход холода при открывании дверей (рис.);

t_H ; t_{BH} – наружная и внутренняя температура, $^{\circ}C$;

$q_{дв}$ – длительность нахождения двери открытой, мин;

τ_p – длительность рейса, ч.

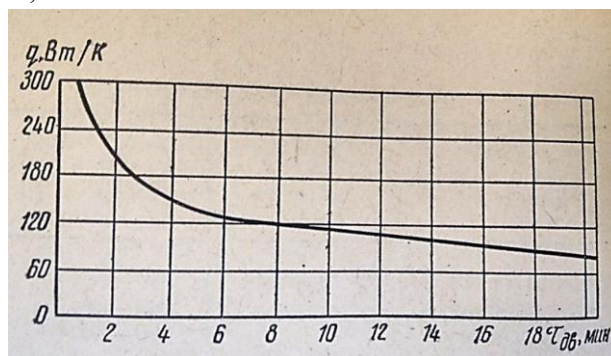


Рис.1. Удельный расход холода на открывании дверей в зависимости от продолжительности открывания $\tau_{дв}$

$$Q_{общ} = 2581 + 25 + 42 + 40 + 200 + 93 = 2981 \cdot 1,1 = 3279 Bm.$$

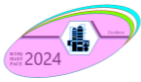
Заключение. В результате выполненных расчетов рекомендуется следующее холодильное оборудование производительностью 3180 (2280) Bm при -5 (-20) $^{\circ}C$.

Предлагаются следующие технические решения, служащие для повышения эффективности транспортировки грузов в предложенных заказчиком моделях транспорта:

- увеличить толщину изоляции кузова минифургонов;
- установить изоляцию пола кузова минифургона.

Список литературы

1. СанПиН РУз № 0319-15 «Санитарные правила и нормы устройства, оборудования и эксплуатации складских помещений хранения лекарственных средств и изделий медицинского назначения».
2. http://holodom.com/pdf_letter/NA704L-NA708L-NA712L.pdf



**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ
ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
SYSTEM ANALYSIS OF WAYS TO INCREASE ENERGY AND RESOURCE
EFFICIENCY OF CENTRAL HEATING ENTERPRISES**

Самошкин М.М.¹

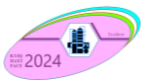
¹Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия, e-mail:
mik4836@yandex.ru

Аннотация: Рассмотрены и проанализированы научные исследования, а также публикации в Российских и зарубежных научно-технических изданиях, по различным проблемам организации и логистическому управлению предприятиями центрального теплоснабжения (ПЦТС), с целью повышения их энергоэффективности и экологической безопасности. Изучены официальные нормативно – правовые документы, определяющие перспективы развития ПЦТС. Обсуждаются положительные аспекты научно – исследовательских разработок и инновационных методов организации структуры управления, обеспечивающих интенсификацию и модернизацию технологических, управленческих и бизнес – процессов. Выявлены нерешенные задачи в рассматриваемых научно-исследовательских разработках, а также определены малоизученные научные направления в области повышения энергоэффективности ПЦТС. Определена актуальность и научные задачи, которые должны быть решены в предстоящей научно – исследовательской работе автора, посредством создания научных, методологических и системотехнических принципов повышения эффективности функционирования и качества организации производственных систем, включающих разработку основ процессно-структурного проектирования, моделирования бизнес – процессов, проектирования организационных структур и систем управления, создания инструментов управления энергоэффективностью.

Abstract: Scientific research, as well as publications in Russian and foreign scientific and technical publications, on various problems of organization and logistics management of central heating enterprises (DCHS) were reviewed and analyzed in order to increase their energy and resource efficiency and environmental safety. The official regulatory documents defining the prospects for the development of SCTS have been studied. The positive aspects of scientific research developments and innovative methods of organizing the management structure, ensuring the intensification and modernization of technological, managerial and business processes, are discussed. Unsolved problems in the research developments under consideration have been identified, and little-studied scientific directions in the field of increasing the energy and resource efficiency of DCHS have been identified. The relevance and scientific problems that must be solved in the author's upcoming research work are determined, through the creation of scientific, methodological and system-technical principles for increasing the efficiency of functioning and the quality of the organization of production systems, including the development of the fundamentals of process-structural design, business process modeling, organizational design structures and management systems, creating energy and resource efficiency management tools.

Ключевые слова: системы центрального теплоснабжения, энергоэффективность, модернизация, интенсификация, оптимизация, цифровизация, организация производства, управление качеством, логистика, инжиниринг, искусственный интеллект, экологическая безопасность.

Key words: central heating systems, energy and resource efficiency, modernization, intensification, optimization, digitalization, production organization, quality management, logistics, engineering, artificial intelligence, environmental safety.



Введение. В соответствии с отраслевой нормативно – технической документацией, систему центрального теплоснабжения (СЦТС) можно определить, как сложную химико–энерготехнологическую систему (ХЭТС), состоящую из подсистемы источника генерации и подсистемы транспортировки тепла до конечных потребителей по специальным трубопроводам, где в качестве теплоносителя выступает специально химически подготовленная нагретая вода.

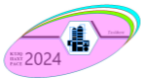
Обеспечение стабильного, бесперебойного и безопасного теплоснабжения, а также интенсификационное развития систем ЦТС в Российской Федерации, можно без преувеличения назвать одной из приоритетных задач устойчивого развития экономики РФ, что в свою очередь подтверждается утвержденной Правительством Российской Федерации «Энергетической стратегией РФ на период до 2035 года» [1]. Учитывая, что Россия занимает первое место в мире по протяженности сетей теплоснабжения и затратам на топливо, необходимым для надежной энергоресурсоэффективной работы СЦТС [10], вопросы актуальности и необходимости повышения энергоресурсоэффективности СЦТС обсуждаются на всех уровнях законодательной власти РФ, включая высшие представительные и законодательные органы и в дальнейшем служат основанием для принятия законодательных решений [11].

Основными инженерно-технологическими показателями, определяющими актуальность и важность необходимости интенсификации методов управления организационно–функциональной структурой СЦТС, являются:

- износ и старение оборудования;
- снижение эффективности технологического цикла;
- устойчивый рост количества потребителей;
- негативное влияние на окружающую среду;
- исчерпаемость природных ресурсов;
- зависимость от нефтегазового комплекса;
- неуклонный рост стоимости тепловой энергии;
- специфическая сложность алгоритмов учёта тепловой энергии и теплоносителей и их юридическое оформление (особенности учета массы и тепловой энергии пара);
- увеличение задолженности потребителей и как следствие недоинвестированность СЦТС;
- физическое старение оборудования, основных цепей поставок и методов логистического управления элементами топливно–энергетического комплекса страны, созданного в период плановой экономики Союза Советских Социалистических Республик.

На основании системного анализа существующих публикаций в научно – технических изданиях [14–20,23–27], посвященных проблемам энергосбережения в технологических процессах, становится очевидным, что успешное решение задач повышения энергоресурсоэффективности в сфере СЦТС в соответствии с требованиями современных концепций устойчивого развития и направленных на интенсификацию технологических процессов в СЦТС, возможно только с применением передовых методологий и методов проектирования и развития систем управления крупными организациями [3], а также последних достижений в области цифровизации, кибернетики, информатики и математического моделирования СЦТС, согласно плану мероприятий по инновационному развитию Российского топливно – энергетического комплекса в рамках развития энергосистемы, соответствующей четвертой в истории промышленной революции (Энергетика 4.0). Значительный вклад в развитие теории энергосберегающих химико–технологических процессов и химико–технологических систем внесли труды российских ученых – академиков Саркисова П.Д., Леонтьева Л.И., Калинникова В.Т., Ягодина Г.А., Мешалкина В.П.

Все вышеперечисленное определяет актуальность и хозяйственно – экономическую насущность разработки новых принципов моделирования и оптимизации организационных



структур и производственных процессов в системах управления центральным теплоснабжением мегаполисов, необходимых для обеспечения ресурсоэнергоэффективности, надежности и экологической безопасности.

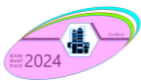
Краткие характеристики разработанных способов и методов интенсификации, повышения энергоэффективности и модернизации организационно-функциональной структуры и логистического управления СЦТС. С целью определения важного вклада Российских ученых в разработку современных методов организации энергоэффективного управления сложными химико-энерготехнологическими системами, включая СЦТС, изучены кандидатские и докторские диссертации, а также научные труды, направленные на выявление и решение задач интенсификации, обеспечения энергосбережения и модернизации действующих производств топливо – энергетического комплекса РФ. В результате проведения критического анализа собранного материала, определены основные направления исследований и положения, а также инновационные идеи, направленные на решение проблем в теплоэнергетической отрасли. Кратко резюмируя проанализированные тезисы в области теплоэнергетики и СЦТС, можно определить следующие ключевые направления исследований и решаемые задачи, а именно:

1. Модернизация бизнес – процессов инвестиционного менеджмента в теплоснабжающих организациях и совершенствование тарифной политики.
2. Предложения по снижению ресурсов, используемых для выработки тепловой энергии.
3. Изменение технологий отдельных этапов выработки и транспортировки тепловой энергии подсистемы СЦТС.
4. Предложены процедуры оптимизации различных узлов и агрегатов СЦТС с внедрением моделей автоматического регулирования.
5. Предложения по расширению использования нетрадиционных (возобновляемых) источников энергии.
6. Применение современных методов математического моделирования для некоторых этапов процесса теплоснабжения.

В заключении данной главы необходимо отметить, что все результаты рассмотренных научных исследований достоверны и направлены на увеличение энергоэффективности теплоэнергетического комплекса с целью соответствия требованиям современных концепций устойчивого развития, декарбонации, малоотходных технологий и повышение различных показателей энергоэффективности.

Определение основных новых задач инжиниринга организационно – функциональных структур энергоэффективного и логистического управления системами центрального теплоснабжения с формулировкой и обоснованием актуальности темы предстоящих научных исследований. В результате выполненного аналитического обзора, подробно изучены научная актуальность, цели и задачи, практическая значимость, объекты, предметы и методы исследований, выводы, предложения и положения, выносимые на защиту основных диссертационных исследований, проведенных Российскими учеными в следующих областях:

- управление качеством продукции, организация производства;
- системный анализ, управление и обработка информации;
- экономика и управление народным хозяйством;
- промышленная теплоэнергетика;
- энергетические системы и комплексы;
- организация производства;
- тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты;
- теплоснабжение, вентиляция, газоснабжение;
- теоретическая и прикладная теплотехника;
- автоматизация и управление технологическими процессами.



Выполненный аналитический обзор показывает текущее состояние и вектор направлений исследований в теплоэнергетической отрасли. Кроме того, анализ рассмотренных диссертаций позволил выявить малоизученные и требующие решения дополнительные задачи повышения энергоэффективности ЦТЭС, к которым можно отнести:

1. Необходимость научно–практического развития инженерных инструментов управления, организации производственных систем, а также баз знаний теплоснабжающих организаций, в соответствии с целями устойчивого развития, промышленной революции «Индустрия 4.0» и концепции «Общество 5.0».

2. Возможность широкого и всестороннего использования различных методов цифровизированного инжиниринга энергоэффективных промышленных предприятий ЦТЭС.

3. Отсутствие системного подхода к управлению жизненным циклом ЦТЭС.

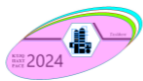
4. Разработку методологий цифровизированного управления бизнес – процессами.

5. Формирование методических рекомендаций по использованию вторичных энергоносителей теплотехнологий (горючих, тепловых и избыточного давления).

Закключение. Таким образом определена актуальная необходимость разработки методов инжиниринга организационно–функциональной структуры системы управления энергоэффективностью ЦТЭС, с формированием организационно – нормативного обеспечения и обязательным применением передовых методов контроллинга, управленческих инноваций, наилучших доступных технологий в рассматриваемой отрасли, менеджментов качества и энергетического аудита, возможностей искусственного интеллекта и прочего инструментария находящегося в прямой взаимосвязи с государственными стратегиями социально – экономического развития Российской Федерации и направленного на создание методологии системного подхода к решению проблем в области централизованного теплоснабжения с обеспечением необходимой надежности и максимальной оптимизацией существующих бизнес – процессов с максимальным снижением негативного воздействия на окружающую среду.

Принимая во внимание отсутствие каких – либо коренных изменений в традиционной схеме ЦТЭС состоящей из подсистем выработки, транспортировки и распределения тепловой энергии, с момента её создания и до настоящего времени, а это почти 150 лет, если вести исчисление от запуска первой в мире системы централизованного теплоснабжения, в Локпорте (Нью-Йорк, США) в 1876 году и все вышеперечисленные аргументы, обосновывают необходимость глубокой и всесторонней модернизации структур собственных ЦТЭС, управления бизнес – процессами и организационно – функциональной системы. А также возможность кардинального изменения способа теплоснабжения, где в качестве источника энергии будет выступать управляемый термоядерный синтез, а также технологии природного энергетического потенциала (геотермальной, солнечной и ветряной энергии).

Учитывая вышеизложенное, целью предстоящего диссертационного исследования будет являться формирование научно – обоснованных методических рекомендаций по процессно –структурной организации управления энергоэффективностью систем ЦТЭС отвечающей требованиям основных целей устойчивого развития человечества в условиях промышленной революции «Индустрия 4.0» и концепции «Общество 5.0», а также положениям по стандартизации межотраслевого («горизонтального») Справочника по наилучшим доступным технологиям ИТС 48-2023 «Повышение энергетической эффективности» (в т.ч. раздела «Системы теплоснабжения и тепловые сети») [4], требованиям Международных стандартов ISO 50001 «Системы энергетического менеджмента» [5], ISO 9000 «Системы менеджмента качества» [6], ISO 14000 «Системы экологического менеджмента» [7], основным требованиям Всеобщего Управления Качеством (TQM) [8] и существующим передовым методам анализа, синтеза и

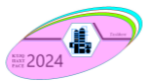


оптимизации, математических и информационных моделей состояния и динамики процессов управления качеством и организации производства.

Благодарность. Работа выполнена при личной поддержке академика РАН В.П. Мешалкина, предложившего и успешно развивающего новое направление в области организации производств нефтехимической отрасли «Теоретические основы инжиниринга и логистического управления эксплуатацией энергоресурс эффективных экологически безопасных химико–технологических систем».

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 N 1523-р (ред. от 28.02.2024) «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года».
2. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_22_3131
3. Мешалкин В.П. Основы интенсификации и ресурсоэнергоэффективности химико–технологических систем. — Смоленск: Универсум, 2021. — 999 с. Мешалкин В.П. Логистика и электронная экономика в условиях перехода к устойчивому развитию. Москва – Генуя 2004.
4. Приказ Росстандарта от 14.12.2023 N 2706 "Об утверждении информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям "Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности".
5. ISO 50001 международный стандарт, определяющий требования для установки, внедрения, сопровождения и улучшения системы энергоменеджмента, цель которой — позволить организации следовать системному подходу в достижении последовательного улучшения энергосистемы, включая энергоэффективность, энергобезопасность и энергопотребление.
6. ISO 9000 — серия международных стандартов, содержащих термины и определения, основные принципы менеджмента качества, требования к системе менеджмента качества организаций и предприятий, а также руководство по достижению устойчивого результата.
7. ISO 14000 – международный стандарт, содержащий требования к системе экологического управления, по которым проходит сертификация.
8. TQM (Total Quality Management,) всеобщее управление качеством — общеорганизационный метод непрерывного повышения качества всех организационных процессов.
9. <https://vak.minobrnauki.gov.ru/>
10. Доклад Министра энергетики РФ Н.Г. Шульгинова на «круглом столе» Государственной думы РФ на тему «О реформе теплоснабжения в Российской Федерации» ноябрь 2022 года.
11. Принятие Государственной думой РФ в первом чтении Проекта закона «О внесении изменений в Федеральный закон «О теплоснабжении» (в части повышения надежности и безопасности систем теплоснабжения) 2 апреля 2024 года.
12. Фалько С.Г. Контроллинг для руководителей и специалистов. – М.: Финансы и статистика, 2020. – 272 с.
13. Распоряжение Правительства РФ от 28 декабря 2021 г. № 3924-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса».
14. Проект по улучшению производительности системы централизованного теплоснабжения в Центральной и Восточной Европе (Горизонт 2020 (H2020-EE-2017-PPI) - Проект №784966.
15. Зимаков А.В. Журнал «Мировая экономика и международные отношения». 2019, том 63, № 8, с. 39-46. Европейские стратегии экологизации теплоснабжения.
16. <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-tsentralizovannogo-teplosnabzheniya-i-kombinirovannogo-proizvodstva-teploty-i-energii>. Комаров Д.А. Журнал «Вестник магистратуры». 2020 г. История централизованного теплоснабжения и комбинированного производства теплоты и энергии.
17. Отчет за 2022 – й год муниципального предприятия централизованного теплоснабжения города Оденсе, Фьернварме Фюн, Дания. (Fjernvarme Fyn).
18. Отчет за 2022 – й год энергетической компании Финляндии - Хелен (HELEN).
19. Справочный отчет подготовленный компанией Pöyry Management Consulting Oу для поддержки Helsinki Energy Challenge (HELEN), предприятия централизованного теплоснабжения города Хельсинки.
20. Аналитические материалы о состоянии теплоснабжения в РФ электронного журнала «Новости теплоснабжения».
21. Федеральный закон от 27.07.2010 № 190-ФЗ «О теплоснабжении».
22. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности Российской Федерации».
23. Стенников В.А., Пеньковский А.В. Проблемы российского теплоснабжения и пути их решения// ЭКО. 2019. № 9. С. 48-69. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2019-9-48-69.



24. Семенцова А. М. Проблемы в системах отопления // Молодой ученый. — 2019. — № 5 (243). — С. 26-27. — URL: <https://moluch.ru/archive/243/56185/>.
25. Есаян Л. Н. Современные проблемы теплоснабжения городов и рациональные пути их решения // Актуальные исследования. 2021. №1 (28). С. 13-15. URL: <https://apni.ru/article/1726-sovremennie-problemi-teplosnabzheniya-gorodov>.
26. Кравченко К.А., Мешалкин В.П. Управление крупной компанией. Учебное пособие для вузов. 2-е изд. – М.: Академический Проект, 2010. – 351 с. – (Gaudeamus).
27. Семикашев В. Теплоснабжение в России: текущая ситуация и проблемы инвестиционного развития. 6 сентября 2019 г. 49(9)23-47. Доступно на: <https://ecotrends.ru/index.php/eeco/article/view/3873>.

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО ГРАНУЛИРОВАНИЯ ФОСФОГИПСА В ТУРБОЛОПАСТНОМ АППАРАТЕ

Ташбаев Тахир Эшкүзиевич¹, Аннаев Нарбай Асаматдинович², Усманов Батыр
Сотволдиевич³, Нурмухамедов Саъдулла Хабибуллаевич⁴, Сагдиева М.М.⁵,
Абдурахимова А. У.⁶

Ташкентский химико-технологический институт, аспирант.

E-mail: muxabbatrahmanova76@gmail.com, Phone: +998907195599

<https://orcid.org/0000-0003-0532-8120>

Ташкентский химико-технологический институт, аспирант.

E-mail: muxabbatrahmanova76@gmail.com, Phone: +998907195599

<https://orcid.org/0000-0003-0532-8120>

Ферганский политехнический институт, доцент.

E-mail: muxabbatrahmanova76@gmail.com, Phone: +998907195599

<https://orcid.org/0000-0003-0532-8120>

Ташкентский химико-технологический институт, ст. преп.

E-mail: muxabbatrahmanova76@gmail.com, Phone: +998907195599

<https://orcid.org/0000-0003-0532-8120>

Аннотация. В статью приведены результаты экспериментальных исследований по гранулированию окомкованного фосфогипса, являющегося твердым отходом предприятия по выпуску аммофоса. В целях улучшения гранулометрического состава и товарного вида гранул фосфогипса в качестве связующей смеси использован 2%-ный водный раствор карбоксиметилцеллюлозы с добавкой кальцинированной соды. Концентрация в водном растворе кальцинированной соды варьировался от 3 до 25%. Опытами выявлено, что гранулообразование фосфогипса сильно зависит от физико-химических свойств вяжущих компонентов. Исследования показали, что при числах оборота рабочего вала 1420 об/мин. и концентрации кальцинированной соды в составе водного раствора КМЦ около 9% выход товарной фракции 1-5 мм составил 75,34%, что на 20% больше, чем для концентрации 3%. Дальнейший рост концентрации кальцинированной соды не способствует улучшению гранулометрического состава, а наоборот – наблюдается некоторое снижение выхода товарной фракции. Особо необходимо подчеркнуть ликвидации мелкодисперсной фракции фосфогипса, так как она наряду с кальцинированной содой активно участвует в процессе гранулообразования, заполняя пространство между зародышеобразующими частицами. На эффективность гранулообразования также вносит существенный вклад и совмещение процесса предыварительного измельчения и грануляции в одном аппарате.

Abstract. *The article presents the results of experimental studies on granulation of pelletized phosphogypsum, which is a solid waste of an ammophos production plant. In order to improve the granulometric composition and commercial appearance of phosphogypsum granules, a 2% aqueous solution of carboxymethyl cellulose with the addition of soda ash was used as a binder mixture. The concentration of soda ash in the aqueous solution varied from 3 to 25%. Experiments have shown that the granulation of phosphogypsum strongly depends on the physicochemical properties of the binders. Studies have shown that at a working shaft speed of 1420 rpm and a soda ash concentration in the aqueous CMC solution of about 9%, the yield of the commercial fraction of 1-5 mm was 75.34%, which is 20% more than for a concentration of 3%. Further increase in the concentration of soda ash does not contribute to the improvement of the granulometric composition, but on the contrary - some decrease in the yield of the commercial fraction is observed. It is especially necessary to emphasize the elimination of the finely dispersed fraction of phosphogypsum, since it, along with soda ash, actively participates in the granulation process, filling the space between the nucleating particles. The combination of the process of preliminary grinding and granulation in one device also makes a significant contribution to the efficiency of granulation.*

Ключевые слова: *гранулирование, фосфогипс, фракция, КМЦ, кальцинированная сода, турбулизированный слой, гранула, granulometricheskii sostav, прочность.*

Key words: *granulation, phosphogypsum, fraction, CMC, soda ash, turbulent layer, granule, granulometric composition, strength.*

Введение. В настоящее время во всем мире промышленные предприятия оказывают значительное антропогенное воздействие на окружающую среду и в связи с этим становится актуальным изыскание оптимальных и экономичных способов очистки промышленных выбросов независимо от их агрегатного состояния.

Масштабная добыча и переработка различных руд на химических, горнометаллургических и др. предприятиях, которым характерны как газовые, жидкие, так и твердые выбросы в окружающую среду оказывают серьезное негативное воздействие на экосистему района, что проявляется прежде всего в оседании земной поверхности над отработанными многомиллионными подземными выработками и отчуждении больших площадей плодородных посевных земель для хранения отходов обогатительных фабрик [1].

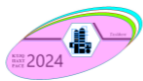
Естественно, эти отходы требуют обеззараживания или в крайнем случае нейтрализацию вредных веществ и последующую грануляцию для придания товарного вида готового продукта.

Повышением товарного вида путем гранулирования сыпучих материалов занимаются многие ученые и созданы различные способы и аппараты для осуществления процесса [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

В технике компактирования твердых, сыпучих и пастообразных материалов проведено многочисленных исследований и созданы различные способы: гранулирование, прессования, экструзия, таблетирование, окатывание, диспергирование, чешуирование, формование, спекание и т.д., а также аппараты для осуществления процесса гранулирования [2, 3, 6, 7, 12, 13].

Как и любая другая научная область, технология грануляции продолжает меняться, и появление новых инновационных технологий неизбежно.

В работе S.Shanmugam описаны последние достижения в области методов и технологий грануляции [14], таких как: пневматическая сухая грануляция, обратная влажная грануляция, паровая грануляция, активированная влагой сухая грануляция, термоадгезионная грануляция, сублимационная грануляция и грануляция на основе вспененного связующего или пены. Смесь порошков, содержащих фармацевтические вспомогательные вещества и АРІ, может быть спрессована в таблетки либо путем прямого сжатия, либо после получения гранул методами агломерации или грануляции. Методы грануляции можно разделить на два типа [14, 15]: сухая грануляция и влажная грануляция, в зависимости от типа метода, используемого для облегчения агломерации частиц порошка.



Сухая грануляция. Сухая грануляция может быть достигнута либо путем прессования вальцами, либо путем литья.

В технике и технологии сухого гранулирования не было достигнуто значительного прогресса по сравнению с влажным гранулированием, за исключением одной важной инновации, известной как пневматическая технология сухого гранулирования, разработанная компанией Atacama LabsOy (Хельсинки, Финляндия).

Пневматическая сухая грануляция (PDG), инновационная технология сухой грануляции, использует валковое уплотнение вместе с запатентованным методом воздушной классификации для получения гранул с исключительным сочетанием текучести и сжимаемости. Технология PDG можно успешно использовать для производства хорошо текучих гранул.

Влажная грануляция широко используемый метод, при котором гранулы получают путем влажного смешивания вспомогательных веществ и API с гранулирующей жидкостью со связующим веществом или без него.

Обратимая влажная грануляция или обращенно-фазовая влажная грануляция, которая включает в себя погружение сухой порошковой смеси в связующую жидкость с последующим контролируемым разрушением для формирования гранул.

Паровая грануляция. При паровой грануляции, в качестве связующего вещества используется водяной пар, а не традиционная жидкая вода. Преимущества этого процесса заключаются в более высокой способности пара равномерно распределяться и диффундировать в частицы порошка, получении сферических гранул с большей площадью поверхности, более коротком времени обработки и экологичности (без использования органических растворителей).

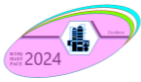
Активированная влагой сухая грануляция (MADG) является разновидностью традиционной технологии влажной грануляции. В ней используется очень мало воды для активации связующего вещества и начала агломерации. Эта технология включает два этапа: 1) влажная агломерация частиц порошка и 2) поглощение или распределение влаги.

Термическая адгезионная грануляция (TAG) является технологией компании Wei-Ming Pharmaceutical Company (Тайбэй, Тайвань). Термическая адгезионная грануляция, аналогичная влажной грануляции, использует добавление небольшого количества жидкости для гранулирования и тепла для агломерации. Кроме того, для облегчения процесса гранулирования используется подвод тепла, который нагревает материал до температуры 30-130°C в закрытой системе при вращении барабана для облегчения агломерации частиц порошка. После сушки, охлаждения и просеивания порошка можно получить гранулы требуемого размера частиц.

Гранулирование из расплава или термопластическая грануляция - это техника, которая облегчает агломерацию частиц порошка с использованием расплавляемых связующих, которые плавятся или размягчаются при относительно низкой температуре (50-90°C).

Сублимационная грануляция эта технология сублимационной грануляции - распылительное замораживание и последующая сублимационная сушка - предполагает распыление капель жидкой суспензии или суспензии в жидкий азот с последующей сублимационной сушкой замороженных капель. При распылении суспензии порошка в жидкий азот капли мгновенно замораживаются в гранулы, а при последующей сублимационной сушке гранулы высушиваются путем сублимации льда без эффекта сегрегации.

Пенная грануляция или технология гранулирования вспененного связующего, аналогичная распылительной агломерации, предполагает добавление жидкого/водного связующего в виде пены вместо распыления или выливания жидкости на частицы порошка. Технология вспененного связующего была впервые представлена компанией Dow Chemical Company (Мидланд, штат Мичиган, США) в 2003 году для подачи водных связующих систем при мокрой грануляции с высоким сдвигом и в кипящем слое. Самое главное



достоинство - технология исключает распылительные форсунки и связанные с ними переменные параметры обработки и проблемы засорения.

Разработана технология получения органо-минеральных удобрений (ОМУ) гранул экструзионным способом с последующей сушкой до влажности продукта 20–22%. Способ имеет недостаток: при внесении цеолита в смесь происходит существенное снижение пластичности формируемой массы, что приводит к снижению механической прочности гранул [16, 17, 18, 19].

В технологии получения гранулированного флотационного хлорида калия (КС1) на стадиях прессования, дробления и сушки [20, 21, 22, 23] образуется значительное количество некондиционного продукта в виде циклонной пыли (ЦП).

Следовательно, одним из перспективных направлений для решения подобных проблем является компактирование в турболопастных грануляторах сыпучих или пастообразных материалов и отходов химических и других производств, а также определение оптимальных геометрических параметров аппарата и технологических режимов процесса.

В связи с высокими требованиями к качеству готовой продукции, по физико-химическим (однородность, усвояемость удобрений), потребительским свойствам (форма гранул, выход товарной фракции) были проведены комплексные исследования по получению гранул методом окатывания на грануляторе-смесителе турболопастного типа.

Методы исследования. В связи с важными требованиями к качеству готовой продукции по физико-механическим свойствам (однородность, усвояемость) потребительской свойства (форма гранул, гранулометрический состав) были проведены экспериментальные исследования по получению гранул фосфогипса в турбулизированном слое в грануляторе турболопастного типа [24].

В качестве объекта переработки использовали окомкованный фосфогипс из отвала АО «Аммофос-Махам» 80-х годов прошлого века и 2022 года, формирующегося в технологии получения аммофоса. Фракционный состав окомкованного фосфогипса представлен в работе, частицы размером менее 10 мм – 100% (рис.1). Качественный и количественный состав из отвала 2022 года следующий: $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в пересчете на сухой дигидрат – 91,4%; CaO – 38,83%; общей влаги H_2O – 40,7%; гигроскопической (сверхкристаллизационной) воды – 18,5%; водорастворимых фтористых соединений в пересчете на фтор – 0,066%; общих фосфатов, в пересчете на P_2O_5 – 1,69%; водорастворимых фосфатов – 0,92%; pH 10%-ного раствора – 2,7%. Гранулометрический состав окомкованного фосфогипса производился при помощи комплекта сит.

Для исследования процесса гранулирования фосфогипса в качестве связующих использовали водный раствор КМЦ с концентрацией 2%. Концентрация в смеси кальцинированной соды варьировалась в интервале 3-25%. Исходный КМЦ и кальцинированная сода получены соответственно на АО «Ферганаазот» и АО «Кунградский содовый завод» ГОСТ – 5100-85 (для марок А и В). После взвешивания кальцинированной соды её добавляли в водный раствор КМЦ и перемешивалась в течении 3-5 минут. Затем, полученная смесь впрыскивалась через форсунку в гранулятор, где фосфогипс после измельчения перемещен в зону грануляции.

Для интенсификации гранулирования, повышения производительности аппарата и уменьшение его размеров, а также улучшение гранулометрического состава и товарного вида продукта создан лабораторный стенд для гранулирования окомкованных и сыпучих материалов [25].

Поставленная задача решается за счет того, что цилиндрический корпус из нержавеющей стали X18H10T помимо штуцеров для загрузки исходного материала и выгрузки порошков, имеет штуцер для отсоса мелкодисперсных частиц. Рабочий полый вал осуществляет не только вращательное, но и возвратно-поступательное движение, что способствует удалению с цилиндрического корпуса налипающей массы. Вал разбит на зоны: загрузки, измельчения исходного материала, гранулирования, уплотнения и выгрузки

готовой продукции. Причем, шаг расположения стержней в каждой зоне различен, исходя из задач осуществляемого процесса.

В зоне загрузки на полом вале по спиральной траектории установлены лопатки в количестве 5 штук для подачи исходного сырья в аппарат. Лопатки приварены к стержням, а стержни закреплены на валу резьбовым соединением.

В зоне измельчения радиальные стержни имеет свои конструктивные особенности. Особенность заключается в том, что концы имеют скошенный торец. Причем, цилиндрические стержни в зоне измельчения размещены с шагом $t_n=(0,9-1,5) \cdot d$. (где d – диаметр стержней, t_n – шаг размещения стержней в зоне измельчения). В зоне грануляции шаг размещения по спирали радиальных стержней с круглым поперечным сечением $t_r=(1,1-1,8) \cdot d$. В зоне уплотнения и выгрузки гранул шаг размещения круглых стержней составляет $t_y=(2,5-4,0) \cdot d$.

В каждом эксперименте проверялся материальный баланс и установлено, что потери во всем диапазоне изменения режимных параметров не превышали $\pm 0,5\%$.

Экспериментальные данные обрабатывались известными методами. Подробное описание экспериментальной установки и методики проведения опытов приведены в работе [24, 26]. Для оценки гранулометрического состава фосфогипса использовалась ситовая анализ. Замеры статической прочности гранул производился на приборе ИПГ-1М, используемом для измерения силы разрушения гранул согласно ГОСТ 21560.2-82.

На рис.1 представлен гранулометрический состав фосфогипса до и после грануляции.



Рис.1. Исходный окомкованный (а) и гранулированный (б) фосфогипс.

Эксперименты проводились при числах оборотов рабочего вала $n=1420$ об/мин., шаге расположения $t/d=1,8$ и связующего 2,0%-ного раствора КМЦ. В целях повышения эффективности процесса гранулообразования в состав смесь дополнительно вводилась кальцинированная сода. Концентрация кальцинированной соды изменялась в пределах 3-25%. Из рис.2а видно, что гранулометрический состав имеет следующие фракции: фракция до 1,0 мм составила 0,52%, доля фракции 1,0-1,25 мм 0,5%, фракция в интервале 1,25-2,5 мм составляет 15,3%, доля 2,5-5,0 мм 48,84% и наконец, частицы свыше 5,0 мм составили всего – 34,88%. На рис.2б представлен гранулометрический состав исходного мела до грануляции, который имеет следующий состав: фракция менее 1,0 мм составляет 5,87%, доля фракции 1,0-1,25 мм 0,1%, фракция в интервале 1,25-2,5 мм составляет 13,89%, доля 2,5-5,0 мм всего 61,45%, доля фракции более 5,0 мм – 18,89%.

При увеличении концентрации кальцинированной соды до 25% гранулометрический состав имеет следующие фракции: доля фракции до 1,0 мм составила 10,61%, доля фракции 1,0-1,25 мм 5,91%, фракция в интервале 1,25-2,5 мм составляет 38,11%, доля 2,5-5,0 мм 31,93% и наконец, частицы свыше 5,0 мм составили всего – 18,69%.

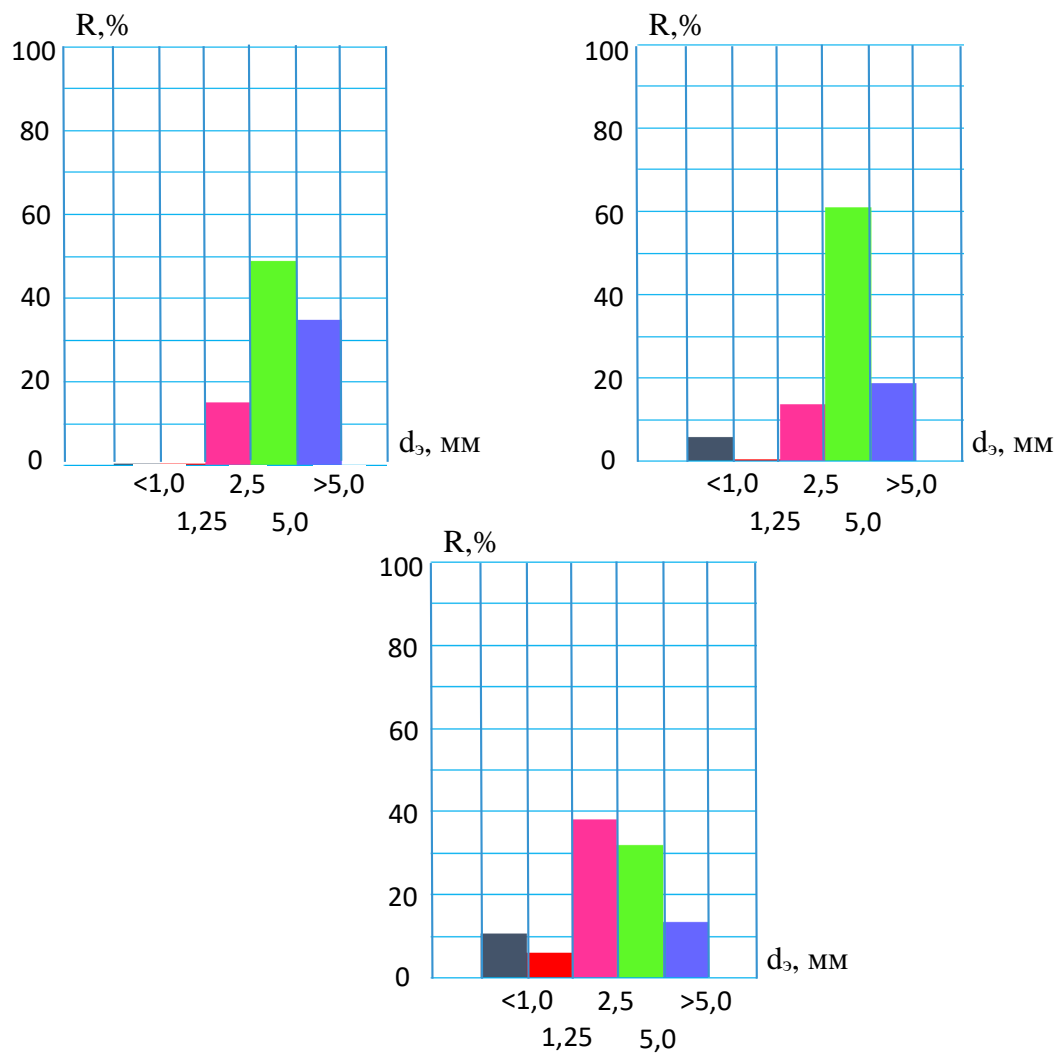


Рис.2. Изменение фракционного состава фосфогипса при грануляции в турболопастном грануляторе.
 а – 3%; б – 10%; в – 25%.

На рис.3. приведены фотоснимки отдельных фракций фосфогипса, полученных грануляцией в турбулизированном слое в присутствии связующего вещества 2%-го водного раствора КМЦ и кальцинированной соды.



Фракция 1,25-2 мм



Фракция 2-3 мм



Фракция 4-5 мм



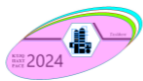
Фракция 6-7 мм

Рис.3. Фотографии некоторых фракций гранулированного фосфогипса, полученных в аппарате турболопастного типа.

Качество получаемых гранул характеризуется структурой гранул, т.е. их прочностью, гигроскопичностью и т.д. Гранулы, получаемые в сильно турбулизированном слое, имеют скважистую структуру. В условиях сильной турбулизации трехфазного потока (основное твердое тело, жидкость и воздух), мелкодисперсные частицы кальцинированной соды и фосфогипса при многочисленных соударениях налипают на зародышкообразующие, относительно крупные частицы фосфогипса. В формировании гранул, путем налипания более мелких частиц на относительно более крупную частицу определяющую роль играет 2%-ый водный раствор карбоксиметилцеллюлозы. Налипание мелкодисперсных частиц кальцинированной соды и фосфогипса на более крупную способствует увеличению площади контакта молекулярными, капиллярными силами и снижению скважистости. Постоянное соударение частиц о стенку, о стержни и между собой приводит к образованию более плотной структуры гранулы и повышению её прочности.

Качество полученного продукта и эффективность гранулирования оценивали по величине статической прочности гранул и выходу товарной фракции, имеющий размер от 1 до 5 мм.

Закключение. Экспериментальными исследованиями доказана возможность получения шарообразных гранул фосфогипса высокого гранулометрического состава и товарного вида в турбулизированном слое. Полученные гранулы достаточно прочны и

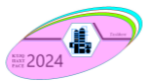


напрямую зависят от физико-химических свойств связывающих компонентов. Кроме того, важным фактором является предварительное измельчение окомкованного фосфогипса с последующим переходом объекта в зону грануляции. Совмещение процессов и зон измельчения и грануляции в одном турболопастном аппарате способствует сокращению энергетических затрат на получение материала с высоким гранулометрическим составом.

Следует особо отметить, что участие пылевидной фракции в процессе гранулообразования приводит к ликвидации данной фракции, что положительно сказывается на экологической обстановке предприятия и близлежащих районов, а также улучшает условия работы персонала.

Список литературы

1. Воробьева Е., Крутько Н. Инновационные технологии переработки отходов калийной промышленности // Наука и инновации, 2013. -№6(124). – с.16-19.
2. Классен П.В., Гришаев И.Г., Шомин И.П. Гранулирование - М.: Химия, 1991. - 240 с.
3. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Закиров С.Г. Газларни қайта ишлаш технологияси, жараен ва қурилмалари. – Т.: Шарк, 2016. - 848 с.
4. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии / под ред. В.Г. Айнштейна. -М.: Химия, 2000.-т.1-2.-1784 с.
5. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari.- Toshkent, Fan va texnologiya, 2015. – 848 b.
6. Kasamatsu Tadashi. Способы и установки гранулирования // Пуросутикку сенкей гидзюцу - 1987.- т.4.- №10.- с.79-85.
7. Черепанова М.В. Окачивание циклонной пыли хлорида калия с использованием связующих различного типа // Фундаментальные исследования, 2017. -№ 5. - с.93-97.
8. Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Гранулирование во взвешенном слое. – СПб.: Химиздат, 2007.–279 с.
9. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров. – М.: Химия, КолосС, 2005. – 568 с.
10. Куц П.С., Продан Е.А. и др. Установка для гранулирования триполифосфата натрия // Химическая промышленность, 1991.- №1. - с.39-42.
11. Гранулирование циклонной пыли хлорида калия методом окачивания / О.А.Федотова, В.З.Пойлов и др. // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2011. - №3. – с.63-70.
12. Раувендаль К. Основы экструзии / пер. с англ. Под ред. Абрамушкиной О.И. – М.: ЦРП Профессия, 2021. – 320 с.
13. Patent USA №4222727. МКИ⁵ B29C 7/10. Apparatus for producing granults from fine poeder / Adichi R., Nayashi T.- 10 p.
14. Srinivasan Shanmugam. Granulation techniques and technologies: recent progresses // BioImpacts, 2015.- № 5.-p.55-63.
15. Patent USA N8968788. МКР⁸ B01J 2/22, B03C 7/06. Granules, tablets and granulation / Giovanni Politi, Erkki Heilakka. – published 2010, 23 december. – p.21.
16. Патент РФ №2574688, МПК⁷ C05F 3/00. Состав органо-минеральных удобрений и способ их получения / Бобрицкий Г.А., Кладов А.А., Фролов Г.В. – № 2014137521/13; заявл. 16.09.2014; опубл. 10.02.2016.
17. Патент РФ №2491263, МПК⁸ C05D 5/00. Органо-минеральное гранулированное удобрение и способ его получения / Стифеев А.И., Золотухин Л.А. – № 2012112714/13; заявл. 02.04.2012; опубл. 27.08.2013.
18. Патент РФ №2121489, МПК⁷ C10F 7/00, C05F 11/00. Гранулированное удобрение на основе торфа / Перфильева В.Д., Алексеева Т.П., Криницын Г.Г. – № 94040127/03; заявл. 27.10.1994; опубл. 10.11.1998.
19. Овчинников Л.Н. Исследование процесса получения комплексных гранулированных органо-минеральных удобрений пролонгированного действия на основе торфа // Изв. вузов «Химия и хим. технология», 2017. - т. 60.- Вып. 9.- с.100-104.
20. Dittmar H. Fertilizers, 4: Granulation // Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry. 2012.-vol. 14. -p. 253–272.
21. Прущак В.Я., Кондратчик Н.Ю., Высоцкая Н.А. Разработка новых технических решений по увеличению выпуска гранулированного хлорида калия с применением валковых прессов, изготавливаемых в ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством» // Труды БГТУ, 2012.- серия 2.- №1.-с.62-67.
22. Потапов И.С., Пойлов В.З. Улучшение товарных характеристик гранулированного хлорида калия / Химия. Экология. Урбанистика. 2021. -т.4. -с.67-70.



23. Андреева Н.К. Повышение качества калийных удобрений на основе улучшения физико-химических свойств исходного продукта // Горный журнал, 2016.-№4.-с.76-79.
24. Annaev N.A., Nurmuchamedov S., Nurmuchamedov Kh., Khakimova G., Khudoiberdieva N., Samadiy M. Increasing process efficiency granulation in a turbulized layer pelletized materials // Research Journal of Chemistry and environment, 2024, Ussue 01, vol. 28, p.1031-1038
25. Аннаев Н.А., Нурмухамедов С.Х., Султонов Ж.В., Худойбердиева Н.Ш. Зависимость гранулометрического состав мела при гранулировании в турбулизированном слое // Химическая технология. Контроль и управление, 2023. – №4.-с.11-16.
26. Абдуллаев А.Ш. Разработка энергетически эффективной технологии получения порошка из корне- и клубнеплодов / Дисс....докт.техн.наук, ТХТИ, 2018. – 243 с.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ ЗАПЫЛЕННЫХ ГАЗОВ

Ганиева Сабохат Уктамовна¹, Нурмухамедов Хабибулла Саъдуллаевич²,
Нигмаджонов Самугжан Каримжонович³, Шералиева Озода Анваровна⁴,
Нурмухамедов Аббос⁵

¹Навоийский горно-металлургический институт, докторант.

E-mail: sjv8904@gmail.com

orcid.0000-0002-5405-2485, тел+998974298904

²Ташкентский химико-технологический институт, профессор.

E-mail: haas-bek@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5405-2485>, тел+998974009701

^{3,4}Ташкентский химико-технологический институт, доцент

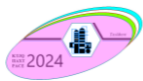
E-mail: haas-bek@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5405-2485>, тел +998 99 109 11 55

Аннотация. В статье экспериментально исследован метод влияния конструктивных параметров и соотношения расхода газовой и жидкой фаз на степень улавливания твердых частиц из запыленного газа в мокром вихревом аппарате. В предлагаемом циклоне газовая и жидкая фазы подаются через один тангенциально установленный штуцер в верхней части цилиндрического корпуса. Подача жидкой фазы путем распыливания и с высокой скоростью приводит к интенсификации турбулентности газожидкостного слоя.

Экспериментальными исследованиями данные по мокрой очистке запыленного газа в вихревом циклоне установлено, что при соотношении жидкой фазы к газовой $L/G=1:1$ степень улавливания для частиц диаметром 125 и 250 мкм составляет 100% (1,0). Для частиц диаметром 63 и менее 50 мкм степень очистки достигает 0,99 и 0,94 соответственно. Аналогичные результаты наблюдаются при $L/G=1:2$, с немного измененными показателями для частиц диаметром 63 и менее 50 мкм — 0,995 и 0,983. Результаты показывают, что вихревые аппараты могут эффективно очищать запыленные газы и при высоких соотношениях газовой фазы относительно жидкой фазы, что открывает возможности экономии жидкой фазы в аппарате вихревой очистки.

Abstract. The article experimentally studies the method of influence of design parameters and ratio of gas and liquid phase flow rates on the degree of solid particles collection from dusty gas in wet vortex devices. In the proposed cyclone, the gas and liquid phases are supplied through one tangentially installed nozzle in the upper part of the cylindrical body. Supply of the liquid phase by spraying and at high speed leads to intensification of the turbulence of the gas-liquid layer. Experimental studies of data on wet cleaning of dusty gas in a vortex cyclone have established that with a liquid to gas phase ratio of $L/G=1:1$, the collection degree for particles with a diameter of 125 and 250 μm is 100% (1.0). For particles with a diameter of 63 and less than 50 μm , the purification degree reaches 0.99 and 0.94, respectively. Similar results are observed at $L/G=1:2$, with slightly modified values for particles with a diameter



of 63 and less than 50 μm - 0.995 and 0.983. The results show that vortex devices can effectively clean dusty gases even at high ratios of the gas phase to the liquid phase, which opens up opportunities for saving the liquid phase in the vortex cleaning device.

Ключевые слова: *вихревой циклон, тангенциальный ввод, запыленный газ, газожидкостной слой, турбулентность, экономия жидкости.*

Key words: *vortex cyclone, tangential input, dusty gas, gas-liquid layer, turbulence, liquid saving.*

Введение. Интенсификация процессов и создание аппаратов повышенной мощности в химической, газо- и нефтеперерабатывающих, металлургической, энергетической, пищевой и др. отраслях промышленности зачастую ведет к неизбежному росту в окружающую среду большого количества пыли и вредных газообразных примесей. По некоторым данным, ежегодно в атмосферу выбрасываются около 2,5 млн. тонн газов с твердой фазой.

Повышение эффективности любой технологии решается путем интенсификации гидромеханических, теплообменных, массообменных и химических процессов. Особенно эта проблема стоит в двух и трехфазных средах различных технологий экономики страны. Методы осуществления данной проблемы могут быть разными, однако все способы опираются на повышение интенсивности контакта между фазами путем увеличения их взаимодействия, скорости движения потоков, турбулизации и т.д.

Одним из наиболее эффективных способов интенсификации межфазного контакта двух и более фазных систем, считается организация контакта фаз в центробежном поле. Тангенциальный подвод обеспечивает существенные центробежные силы, что способствует большие удельные поверхности контакта фаз, относительные скорости и устойчивость протекающего процесса. Центробежные силы можно получить двумя методами: путем вращения корпуса аппарата или путем закрутки потока относительно корпуса. Второй метод конструктивно прост и нет вращающихся деталей и узлов, что обеспечивает надежную длительную эксплуатацию вихревого аппарата.

В области создания эффективного вихревого аппарат проведены многочисленные экспериментальные исследования по гидродинамике, тепло- и массообмену вихревых аппаратов.

Для очистки газов в основном применяются сухие и мокрые пылеуловители [1]. Для достижения приемлемой эффективности очистки газов в пылесадительных камерах необходимо, чтобы частицы находились в аппаратах продолжительное время, а скорость движения пылевого потока была незначительной.

Наибольшее распространение в промышленности для очистки дымовых и технологических газов получили инерционные пылеуловители-циклоны. Циклоны конструктивно просты, надежны в эксплуатации при высоких давлениях и температурах, обеспечивают фракционную эффективность очистки на уровне 80-95% от частиц пыли размером более 10 мкм, не существует температурных ограничений для их применения, а эксплуатационные расходы можно свести до минимума. Циклоны как правило, используют для грубой очистки перед высокоэффективными тканевыми или электрическими пылеочистными аппаратами [2, 3, 4, 5]. При равных производительности и затратах энергии прямоточные циклоны превосходят обычные циклоны по эффективности разделения, особенно для частиц с размером менее 5-10 мкм [6].

Фильтры используют как при высоких, так и при низких давлениях и температурах, при различной концентрации в смеси твердых частиц [4, 5, 6]. Фильтрующие элементы фильтров быстро забиваются твердыми частицами. При этом гидравлическое сопротивление резко увеличивается. Из-за больших сил, действующих на фильтрующие элементы, они быстро забиваются и выходят из строя. Частая замена элементов приносит большие убытки. Большинство конструкций фильтров сложны в эксплуатации и требуют высококвалифицированных кадров при обслуживании аппаратов данного класса.

Мокрые пылеуловители более эффективны и могут улавливать частицы до 0,1 мкм, и одновременно с очисткой твердых частиц поглощать газообразные вещества. В этих аппаратах твердые частицы из смеси улавливаются на границе трехфазной системы: газ-

жидкость-твердое тело. Интенсификация процесса достигается путем турбулизации потоков, т.е. улучшение межфазного контакта трехфазной системы. Наиболее полно вышеназванным факторам соответствуют вихревые аппараты, в которых можно достичь высокой эффективности очистки (98-99% и выше) запыленных газов [8, 9,10, 11, 12].

В настоящее время исследовано множество конструкций прямоточных центробежных и вихревых аппаратов, отличающихся друг от друга способом организации закрученного потока и устройством узла разделения фаз. Проводятся работы по описанию движения потоков запыленных газов в аппарате и разработка математической модели центробежного пылеулавливания в них, а также создание методик для выявления оптимальных геометрических размеров и режимных параметров эксплуатации [13, 14, 15, 16, 17].

В статье Н.А.Хамидуллина с сотрудниками проведены комплексные исследования по очистке отходящих газов от твердых частиц, выходящих из печи обжига мелкого известняка, в каскаде одноступенчатых вихревых аппаратов. Промышленные испытания вихревого аппарата показали, что степень очистки отходящих газов от пыли находится в пределах 98-99,9% [18].

В работе О.М.Флисюка с сотрудниками для оценки эффективности прямоточного циклона найдено аналитическое решение для тангенциальной, радиальной и продольной составляющих скорости газа в его разделительной камере. В результате решения нестационарного уравнения конвективной диффузии получена зависимость концентрации частиц в потоке газа от времени по мере их движения в камере, что позволило оценить влияние расхода газа, размера частиц пыли и основных геометрических параметров разделительной камеры на эффективность очистки запыленного газа. Полученные авторами результаты позволяет построить методику расчета циклона и определить оптимальную скорость запыленного газа в период эксплуатации [19, 20].

А.Ю.Вальдберг предложил вероятностно-энергетический метод приближенного расчета пылеуловителей инерционного типа, позволяющий рассчитать разработанные конструкции и производить сравнение механических пылеуловителей различных типов [21, 22].

Б.С. Сажин с сотрудниками доказали, что в уравнениях вероятностно-энергетического метода участвует критерий гидродинамического режима Re , то надо иметь в виду, что в значительной что обобщение данных по группам пылеуловителей инерционного типа подразумевает также достаточно близкую макроструктуру потоков в аппаратах. Поэтому, аппараты встречно-закрученного потока хотя и имеют два тангенциальных ввода, но по основным физическим принципам относятся к центробежным пылеуловителям, следовательно целесообразно включить их в вероятностно-энергетическую методику [23].

А.А.Виноградов с сотрудниками исследовали приближенный подход общего описания центробежного пылеулавливания в различных аппаратах. Ими рассчитана структура течений в вихревом аппарате со встречно-закрученными потоками [24].

Как видно из краткого обзора исследований в области создания совершенных вихревых аппаратов и по настоящее время нет надежных и точных методик расчета подобных аппаратов.

Методы исследования. Целью исследований являлось изучение влияния конструктивных параметров и скорости газовой и жидкой фаз на гидравлическое сопротивление и степень улавливания твердых частиц в аппарате вихревого типа.

Для интенсификации очистки газов от твердых частиц, повышения производительности аппарата и уменьшение его размеров создан лабораторный стенд для исследования процесса очистки газовых смесей в вихревом аппарате.

Экспериментальная установка по изучению гидродинамики вихревого аппарата состоит из аппарата с тангенциальным вводом газовой и жидкой фаз в верхнюю часть цилиндрического корпуса, турбогазодувки с системой измерения расхода, температуры газовой фазы и байпасной линией, а также устройства для ввода твердых частиц, насоса для

подачи жидкой фазы с системой измерения расхода и температуры жидкости. Диаметр корпуса вихревого аппарата 0,068 м, высота 1,5 м. На выходе из нижней части аппарата газовой и жидкой фаз для сбора жидкой фазы с твердыми частицами установлена емкость объемом 0,1 м³. Движение газовой и жидкой фаз параллельный ток и оба движутся сверху вниз. Причем, в поток газовой фазы под углом 30° вводится жидкая фаза с более высокой скоростью с целью создания высокотурбулизированного потока. Далее трехфазный поток приобретает вращательное движение и устремляется по спирали в нижнюю часть аппарата. Нижняя часть аппарата имеет небольшой участок внезапного расширения, который служит устройством для гашения скорости газожидкостного потока перед его выходом из аппарата. Жидкая фаза с твердыми частицами собирается в емкость, а газовая фаза содержащая мелкодисперсные капли жидкости отводится из нижней части аппарата и выбрасывается в окружающую среду.

В качестве объекта переработки использовали фракции кварцевого песка с диаметром частиц <50, 63, 125 и 250 мкм.

В табл.1 приведены результаты экспериментальных исследований по очистке запыленного газа от твердых частиц в усовершенствованном вихревом аппарате.

Таблица 1.

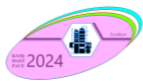
| L/G | 1:1 | 1:2 | 1:3 | 1:4 |
|-----|------|-------|------|-------|
| 250 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,985 |
| 125 | 1,0 | 1,0 | 0,99 | 0,97 |
| 63 | 99,9 | 0,995 | 0,98 | 0,945 |
| <50 | 99,4 | 0,983 | 0,96 | 0,925 |

Экспериментальные данные по мокрой очистке запыленного газа в вихревом циклоне показали, при соотношении жидкой фазы к газовой L/G=1:1 для частиц с d₃=125 и 250 мкм степень улавливания равно 1,0, т.е. 100%, а для частиц с d₃=63 и менее 50 мкм степень очистки соответственно 0,99 и 0,94. Аналогичная закономерность сохраняется и для L/G=1:2 с разницей лишь для частиц с d₃=63 и менее 50 мкм степень очистки соответственно 0,995 и 0,983. Увеличение расхода газовой фазы до 3-х и 4-х относительно жидкой фазы дали несколько низкие результаты. Особенно при диаметре частиц менее 50 мкм при 1:4 степень очистки составила 0,925. Выявлено, что при более высоких объемных расходах газовой фазы можно достичь высокую степень очистки запыленного газа.

Это объясняется тем, что газовая смесь с твердой фазой вводится в аппарат через тангенциально установленный штуцер и газожидкостной поток обретает поступательно-спиральную скорость, которая направлена сверху вниз. Тангенциальный ввод, параллельное движение газовой и жидкой фаз придает потоку вращательную составляющую скорости. Твердые частицы с потоком газа приближаются к стенке аппарата, где они ударяясь об нее теряют скорость и оседают на поверхности стенки и медленно вместе с жидкой фазой по спиральной канавке в корпусе стекают вниз (рис.1). В результате газовый поток освобождается от твердых частиц. Далее газовая фаза на выходе из цилиндрического корпуса аппарата ударяется о водную поверхность сборника и выбрасывается в атмосферу.

Общеизвестно, более высокие скорости газового потока способствует повышение турбулентности в вихревом аппарате, что приводит к более высокой эффективности очистки. Вместе с тем, более высокие скорости газовой фазы также ведут к росту перепада давления.

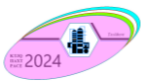
Выводы. В аппаратах вихревого типа наряду с эффективной очисткой высокотемпературного запыленного газа можно произвести и его охлаждение до требуемой температуры. Следует отметить, в существующих вихревых аппаратах газовая фаза имеет высокую скорость и способствует созданию турбулизированного слоя. В предлагаемом авторами аппарате и газовая фаза, и жидкая фазы имеют высокие скорости и это приводит



к созданию интенсивной турбулентности. Экспериментальные исследования показали, что высокая степень очистки и при соотношения $L/G > 2$ возможность экономии жидкой фазы (воды) в процессе очистки в вихревом циклоне.

Список литературы

1. Загрязнение природной среды кальций содержащей пылью. – Рига: Зинатне, 1985. – 215 с.
2. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли. – М.: Химия, 1981. – 392 с.
3. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. – Пенза: изд-во Пенз.гос.ун-та, 2005. – 200 с.
4. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С., Закиров С.Г. Газларни қайта ишлаш технологияси, жараен ва қурилмалари. – Т.: Шарқ, 2016. - 848 с.
5. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari.- Toshkent, Fan va texnologiya, 2015. – 848 b.
- 6.Алексеев С.В., Окулов В.Л. Закрученные потоки в технических приложениях (обзор) // Теплофизика и аэромеханика, 1996. – т.3. - №2. – с.101-138.
7. Царева О.В. Эффективность уплотненных стекловолоконных фильтров // Вестник казанского технологического университета, 2010. – №7. – с.205-209.
8. Татаринев Е.Б. Аэрогидродинамика и пылеулавливание в вихревом аппарате с оросителем в закручивающем устройстве / Авт.дисс...к.т.н., Казань, 2002. – 20 с.
9. Виноградов В.В., Самохвалов Н.М., Зыкова Ю.В. Очистка промышленных газов от пыли. – Иркутск: изд-во ИРНТУ, 2015. – 170 с.
10. Глебов Г.А., Хазбулатов А.И. Исследование процесса очистки газа от механических примесей в прямоточно-вихревом сепараторе // Вестник Самарского гос.аэрокосмического университета им.С.П.Королева, Самара, 2011. - №5.- с.72-77.
11. Хамидуллин Р.Н. Технология очистки газовых выбросов от пыли производства силикатного кирпича / Авт.дисс.к.т.н., Казань, 2005. – 32 с.
12. Патент РФ №2400289. МКП⁸ В02D 47/02, 47/06. Устройство для мокрой очистки газ Chen M. Numerical analysis of a novel gas-liquid ов от пыли / Хамидуллин Р.Н. Опубл.27.092010, Бюлл.№27.
13. Hyung L., Deng S., Chen Z., Guan J., Chen M. Numerial analysis of a gas-liquid pre-separation cyclone // Separation and Purification Technology, 2018.- v.194. – p.470-479.er
14. Bernardo S., Mori M., Peres A.P., Dionisio R.P. 3-D computational fluid dynamics for gas and gas-particle flows in a cyclone with different inlet sector angles // Powder Technology, 2006.- v.162. – p.190-200.
15. Кепа А. The efficiency improvement of a large-diametr cyclone – the CFD calculations // Sep.Purif.Technology, 2013.- v.118. – p.105-111.
16. Pei B., Yang L., Dong K., Jiang Y., Du X., Wang B. The effect of cross-shaped vortex finder in the performance of cyclone separator // Powder Technology, 2017.- v.313. – p.135-144.
17. Ehteram M.A., Tabrizi H.B., Mesbah M., Ahmadi G., Mirsalim M.A. Experimental study on the effect of connecting ducts on demisting cyclone efficiency // Exp. Them. Fluid Sci., 2012. – v.39. – p.26-36.
18. Хамидуллин Н.А., Махоткин А.Ф., Махоткин И.А., Бакиров Н.Г. Комплексное решение проблемы переработки отходов мелкого камня известняка и мокрой очистки отходящих газов от пыли // Вестник технологического университета, 2017. -т.20.-№7.- с.64-66.
19. Флисюк О.М., Марцулевич Н.А., Топталов В.С. Теоретико-экспериментальный анализ зависимости эффективности прямоточного циклона от геометрии распределительной камеры // Изв.ВУЗов «Химия и химическая технология», 2021.-т.64.-N8.-с.99-106.
20. Топталов В.С., Марцулевич Н.А., Флисюк О.М. Очистка дымовых и технологических газов в прямоточных циклонах // Известия СПбГТИ (ТУ), 2021.- N56(82).-с.44-50.
21. Вальдберг А.Ю., Сафонов С.Г. Основы расчета эффективности газоочистных аппаратов инерционного типа // Химическое и нефтяное машиностроение, 2006. - №9. – С.43-44.
22. Вальдберг А.Ю. Современные тенденции в развитии теории и практики пылеулавливания // Химическое и нефтяное машиностроение, 2007. - №7. – С.48-50.
23. Сажин Б.С., Гудим Л.И. Вихревые пылеуловители. – М.: Химия, 1995. – 144 с.
24. Виноградов А.А., Белоусов А.С., Сафонов Г.С. Методы обобщения данных по инерционным аппаратам и системам пылеулавливания / Тр. Вторых Косыгинских чтений «Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудования», 2019.-т.1.- С.259-263.



ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООТДАЧИ В ТРУБЧАТО-РЕШЕТЧАТОЙ НАСАДКЕ ПРИ АБСОРБЦИИ CO₂ РАССОЛОМ

Мавлонов Элбек Тулкинович¹, Рахмонова Мухаббат Ибрагимовна²,
Францкевич Виталий Станиславович³, Нурмухамедов Хабибулла Сагдуллаевич⁴,
Салимова Саодат Ашуровна⁵, Худойбердиева Назора Шарафовна⁶.

¹Ташкентский химико-технологический институт, доцент

E-mail: elbek8181@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5153-0579>, тел+998974317012

²Ташкентский химико-технологический институт, аспирант.

E-mail: muxabbatrahmanova76@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0532-8120>, тел: +998907195599

³Белорусский государственный технологический университет

fv2@tut.by, [orcid.0000-0002-4126-88509](https://orcid.org/0000-0002-4126-88509)

⁴Ташкентский химико-технологический институт, профессор

E-mail: haas-bek@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5405-2485>, тел: +998974009701

⁵Ташкентский химико-технологический институт, ассистент

elbek8181@mail.ru

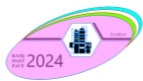
<https://orcid.org/0000-0001-5153-0579>, тел+998974317012

⁶Ташкентский химико-технологический институт, доцент.

E-mail: hudojberdievanazora@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5153-0579>, тел +998 91 250 75 55

Аннотация: В данной работе представлено экспериментальное исследование влияния глубины турбулизаторов спирально-накатанных труб на интенсивность теплообмена при хемосорбции. Объектом исследования выбрана трубчато-решетчатая насадка колонных аппаратов, которая собрана из труб с развитой теплообменной поверхностью. В рамках эксперимента использовалась гладкая и спирально-накатанные трубы с плавно профилированными канавками снаружи и аналогичными выступами внутри. Экспериментально доказано, что при $Re=2500$ и шаге размещения канавок по спиральной линии $t/D=0,25$ с ростом численных значений безразмерной глубины канавок h/D от 0,003 до 0,095 величина коэффициента теплоотдачи повышается с 1630 до $\alpha=1847$ Вт/м²·К. С увеличением шага размещения канавок до $t/D=0,77$ величина коэффициента теплоотдачи повышается с 1420 до $\alpha=1580$ Вт/м²·К. Выявлено, что с повышением значений шага размещения канавок наблюдается некоторое снижение численных значений коэффициента теплоотдачи. Сопоставление опытных данных по $\alpha/\alpha_{zл}$ в зависимости от показывает рост значения относительного коэффициента теплоотдачи абсолютно для всех численных величин шага размещения турбулизаторов t/D . Причем, со снижением значений шага размещения труб, величина $\alpha/\alpha_{zл}$ возрастает до



1,68 раза в зависимости от значений шага размещения труб в трубной решетке t/D и относительной глубины канавок h/D .

Ключевые слова: хемосорбция, турбулизатор, интенсификация, теплообмен, трубчато-решетчатая насадка, спирально-накатанная труба, шаг размещения.

Abstract: *This paper presents an experimental study of the effect of the depth of turbulators of spiral-rolled tubes on the intensity of heat transfer during chemisorption. The object of the study was the tubular-lattice packing of column apparatuses, which is assembled from pipes with a developed heat-exchange surface. In the experiment, smooth and spiral-rolled tubes with smoothly profiled grooves on the outside and similar protrusions on the inside were used. It was experimentally proven that at $Re=2500$ and a groove placement step along the spiral line $t/D = 0,25$ with an increase in the numerical values of the dimensionless groove depth h / D from 0,003 to 0,095, the heat transfer coefficient increases from 1630 to $\alpha=1847$ $W/m^2 \cdot K$. With the increase of the groove placement pitch to $t/D=0,77$, the heat transfer coefficient increases from 1420 to $\alpha=1580$ $W/m^2 \cdot K$. It was revealed that with the increase of the groove placement pitch values, some decrease of the numerical values of the heat transfer coefficient is observed. Comparison of the experimental data on α/a_{gl} depending on shows the growth of the relative heat transfer coefficient value for absolutely all numerical values of the turbulator placement pitch t/D . Moreover, with the decrease of the pipe placement pitch values, the α/a_{gl} value increases up to 1,68 times depending on the pipe placement pitch values in the tube sheet t/D and the relative groove depth h/D .*

Key words: chemisorption, turbulator, intensification, heat exchange, tubular-lattice packing, spiral-rolled pipe, placement pitch.

Введение. В различных отраслях, в частности, химической технологии известны абсорбционные процессы, для которых проблема отвода теплоты имеет первостепенное значение. К таким процессам относится технология получения азотной, серной кислоты, кальцинированной соды и т.д. [1].

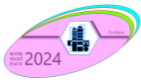
Энерго- и ресурсосбережение диктует ужесточение требований к технико-экономическим показателям абсорбционных колонн и побуждает конструкторов абсорбционных колонн с холодильной зоной, в том числе и разработчиков колонной аппаратуры, искать новые конструктивные решения и внедрять новые физические принципы, способствующие улучшению показателей тепловой и энергетической эффективности, компактности, надежности и других показателей аппаратов и устройств [2, 3, 4, 5, 7]. Теплообменные устройства для отвода теплоты реакции в системы «газ-жидкость» являются одними из важнейших элементов колонных аппаратов для проведения процесса абсорбции, сопровождающейся химическими реакциями. Их эксплуатационные параметры влияют на топливную экономичность, эксплуатационную надёжность, стабильность характеристик во времени, экологическую безопасность и другие показатели энергетических установок [4-6, 8].

Интенсификация процесса абсорбции и хемосорбции в технологии получения кальцинированной соды напрямую связан с эффективной организацией процесса отвода теплоты протекающей в колонне экзотермической реакции при помощи трубчато-решетчатой насадки.

Общеизвестно, что повышение температуры в зоне контакта газовой и жидкой фаз замедляет процесс абсорбции и резко снижает выход готового продукта, и во многих случаях приводит к солеотложению на поверхности теплообмена трубчато-решетчатой насадки.

В настоящее время один из важных путей повышения экономичности теплотехнологических установок теплообменных аппаратов и устройств путем интенсификации теплообмена. При интенсификации теплообмена увеличивается количество переносимого тепла и появляется возможность создания компактного теплообменника; достигается оптимальное соотношение передаваемого количества тепла и мощности, затрачиваемой на прокачивание теплоносителей. Интенсифицированные теплообменные оборудования улучшают характеристики энерготехнологических установок [4].

Использование дискретно расположенных кольцевых выступов является одним из наиболее эффективных и исследованных способов интенсификации переноса тепла. Стоит отметить, что накатка кольцевых каналов достаточно технологична, не увеличивает



наружный диаметр труб, позволяя использовать данные трубы в тесных пучках и не менять существующую технологию сборки теплообменных аппаратов. Кольцевые диафрагмы и канавки турбулизируют поток в пристенном слое и обеспечивают интенсификацию теплообмена как снаружи, так и внутри труб [5, 10-12].

При закрутки потока лентой в поперечном сечении жидкость перетекает от периферии к центру в результате действия градиента давления увеличивает скорость потока у стенки и меняется общая структура потока. Эти движения приводят к возникновению четырех вихревых областей, которые способствуют усилению теплообмена и совместно с действием центробежных уменьшают толщину пограничного слоя. Вихревое смещение также способствует возникновению турбулентного течения при меньших числах Re [9, 11-14].

Применительно к течению однофазных теплоносителей используются шероховатые поверхности; развитие поверхности за счет оребрения; закрутка потока завихрителями, установленными на входе в канал; вибрация поверхности; пульсация теплоносителя; воздействие на поток электростатических полей. Высоко эффективным часто оказывается применение комбинированных методов интенсификации (сочетание турбулизаторов с оребрением поверхностей; применение труб с шероховатыми стенками и вставками из витых лент и др.).

В работе посвящен поиску эффективных форм поверхностей и различным способам интенсификации конвективного теплообмена [14-18].

Анализ литературных данных показал, что наиболее оптимальным и эффективным

В связи с этим актуальным направлением совершенствования теплообменных является интенсификация теплоотдачи за счет внесения изменений в конструкцию теплообменных труб [2, 9, 12, 15,22]. Повысив коэффициент теплоотдачи можно снизить массагабаритные показатели аппарата и улучшить технико-экономические показатели процесса [9, 12, 13].

Интенсификация теплообмена в трубах со спиральными выступами обусловлена совместным действием двух факторов: турбулизацией и разрушением пристеночного слоя течения выступами и закруткой пристеночного потока под действием выступов [2,4]. Интенсифицирующее воздействие частичной закрутки течения низким выступом (только пристеночной зоны) реализуется через увеличение пристеночной скорости потока.

Нанесение спиральных выступов не снижает прочностные и вибрационные качества накатанных труб [9, 15, 19]. Загрязняемость труб со спиральными выступами одинакова с гладкими по весу отложений на 1 м² поверхности. Равноценно у них и влияние загрязняемости на снижение тепловой эффективности [12, 15].

Теплообмен и гидродинамика в каналах в витых трубах определяется конструктивными особенностями этих труб. Течение в пучки витых труб является пространственным [12, 20], т.е. наряду с продольной составляющей вектора скорости здесь имеют место поперечные составляющие скорости, которые значительно увеличивают интенсивность межканального перемешивания в пучке. Высокий уровень турбулентности потока конвективный перенос в масштабе ячейки и организованный перенос в масштабе диаметра пучка, благодаря спиральной закрутке потока витыми трубами являются механизмами, определяющими особенности поперечного перемешивания потока в пучке по сравнению с явлениями переноса в круглой прямой трубе [1, 5, 13, 19].

Общеизвестно, что перемещение жидкостей в каналах или межтрубном пространстве любого сечения требует определенных затрат энергии. Следовательно, конструктивные изменения не должны сильно увеличивать гидравлическое сопротивление. Поэтому, тенденция в этой области направлена на создание плавно очерченных турбулизаторов.

Объектом исследования являются трубчато-решетчатая насадка из труб с развитой поверхностью теплоотдачи и процесс отвода теплоты реакции в холодильных зонах абсорберов.

Исследования по изучению теплообмена при течении жидкостей в трубчато-решетчатой насадке [21] проводились на экспериментальной установке, представляющей собой циркуляционный контур, работающий в условиях постоянства теплового потока. Основными элементами установки являются экспериментальный участок, холодильник, емкости для холодного и горячего теплоносителей, насосы и соединительные трубы с измерителями расхода и температуры и с регулирующими вентилями.

В качестве экспериментального участка использовались гладкие и спирально-накатанные трубы из нержавеющей стали X18H10T с плавно очерченными канавками снаружи и аналогичными выступами внутри. Экспериментальный участок имел длину $l = 2000$ мм и диаметр $D=20 \times 1$ мм. Шаг размещения турбулизаторов $t/D=0,025-3$, Относительная глубина канавок составляла $h/S=0,009-0,095$, и обеспечивалось число Рейнольдса $Re=(0,25-0,98) \cdot 10^4$. Измерение температуры стенки осуществлялось хромель-копелевыми термопарами с диаметром проволок 0,1 мм, равномерно распределенными и зачеканенными в трубе: первая и последняя термопара устанавливались на расстоянии от торца трубы с отступом 100 мм, а остальные термопары устанавливались через каждые 150 мм. Погрешности измерения расходов и температур $\pm 2,4$ и $\pm 0,39\%$ соответственно.

В каждом эксперименте проверялся тепловой баланс и тепловые потери в диапазоне изменения режимных параметров не превышали $\pm 3\%$. Экспериментальные данные обрабатывались известными методами.

Обсуждение результатов исследований. Зависимость коэффициента теплоотдачи α от относительной глубины плавно очерченной канавки h/D при различных величинах шага их размещения t/D показывает, что с увеличением параметра h/D интенсивность переноса тепла повышается абсолютно для всех значений шага размещения канавок (рис.1).

Так, например, при $Re=2500$ и шаге размещения плавно очерченных канавок по спиральной линии $t/D=0,25$ с ростом численных значений безразмерной глубины канавок от 0,003 до 0,095 величина коэффициента теплоотдачи α повышается от 1630 до $\alpha=1847$ Вт/м²·К. Интенсификация процесса переноса тепла составила 13,3%.

С увеличением шага размещения канавок до $t/D=0,77$ с ростом численных значений безразмерной глубины канавок от 0,003 до 0,095 величина коэффициента теплоотдачи α повышается от $\alpha=1420$ до $\alpha=1580$ Вт/м²·К. Повышение коэффициента теплоотдачи с ростом глубины канавки составило 9,6%.

При шаге размещения канавок до $t/D=2,0$ с повышением значений глубины канавок с $h/D=0,003$ до $h/D=0,095$ коэффициент теплоотдачи α повышается с $\alpha=1235$ до $\alpha=1390$ Вт/м²·К. Интенсивность теплоотдачи возросла на 8,3%.

Однако, что с ростом шага размещения плавно очерченных канавок t/D наблюдается некоторое снижение интенсивности теплоотдачи. Анализ графиков показывает, что снижение t/D с 2,0 до 0,25 приводит к повышению интенсивности теплоотдачи в 1,39-1,45 раза.

Экспериментальными исследованиями установлено, что интенсификация теплоотдачи в каналах со спирально-накатанными плавно очерченными турбулизаторами сильно зависит от безразмерной глубины впадин (или выступов). Однако следует подчеркнуть, что с повышением высоты выступов возрастает гидравлическое сопротивление. Из графика видно, что оптимальная область приходится в интервал безразмерной высоты $h/D \approx 0,004-0,095$, в которой интенсивность теплоотдачи увеличивается значительно по сравнению с гидравлическим сопротивлением. А если учесть повышение теплоотдачи и внутри труб за счет плавно очерченных выступов, то эффективность от применения спирально-накатанных турбулизаторов достаточно высока.

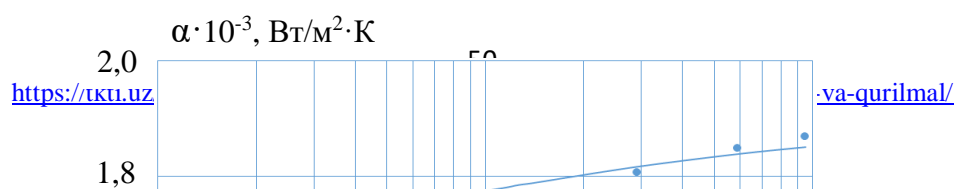


Рис.1. Влияние относительной глубины h/D спиральных канавок на коэффициент теплоотдачи α при омывании аммонизированным рассолом при $Re=2500$.
 • - $t/D=0,25$; ■ - $t/D=0,52$; ▲ - $t/D=0,77$;
 ◆ - $t/D=1,0$; * - $t/D=2,0$; + - $t/D=3,0$.

Следует подчеркнуть, что в оптимальной области глубины накатки плавного очерченных канавок интенсификация теплоотдачи приходится на умеренный рост гидравлического сопротивления.

На рис.2 представлены результаты степени интенсификации теплоотдачи в зависимости от относительной глубины h/D при абсорбции CO_2 аммонизированным рассолом. Значение коэффициента теплоотдачи для гладкой трубы равно $1093 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

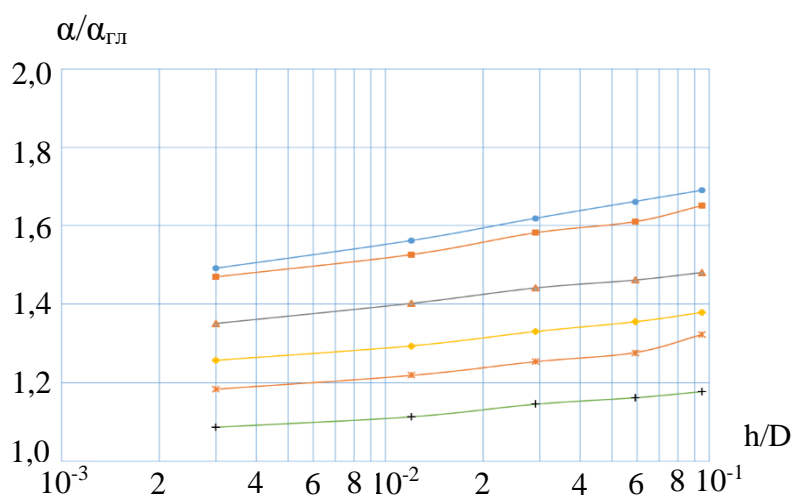


Рис.2. Влияние относительной глубины канавки h/D на степень интенсификации теплоотдачи α/α_{GL} при абсорбции CO_2 рассолом. Обозн.см.рис.1.

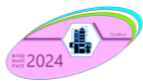
Сравнение экспериментальных данных по α/α_{GL} в зависимости от h/D показывает рост значения относительного коэффициента теплоотдачи абсолютно для всех численных величин шага размещения турбулизаторов t/D . Причем, со снижением значений шага

размещения труб, величина $\alpha/\alpha_{\text{гд}}$ возрастает от 1,08 до 1,68 раза в зависимости от значений шага размещения труб в трубной решетке t/D и относительной глубины канавок h/D .

Выводы. Большинство промышленных абсорберов в производстве кальцинированной соды в основном состоят из двух зон: абсорбционной и холодильной зон, причем соотношение этих частей в основном находятся в следующем соотношении 0,55:0,45. Необходимость отвода теплоты экзотермической реакции при контакте газовой и жидкой фаз, требует больших теплообменных поверхностей и расхода охлаждающей воды. Снижение вышеназванным показателей устройства возможно только путем интенсификации теплообмена, которая позволит уменьшить холодильную зону и увеличить абсорбционную зону. Сопоставительный анализ экспериментальных результатов для гладкой трубы и результатами авторов данной статьи со спиральными турбулизаторами показал интенсификацию процесса теплоотдачи до 1,68 раза. Естественно, интенсификация процесса переноса тепла в холодильной зоне колонны позволит снизить её долю и увеличить абсорбционную зону.

Список литературы

1. Москвичев Ю.А., Григоричев А.К., Павлов О.С. Теоретические основы химической технологии. – СПб.: Лань, 2016. – 272 с.
2. Лаптев А.Г., Николаев Н.А., Башаров М.М. Методы интенсификации и моделирования тепломассообменных процессов. – М.: Теплотехник, 2011. – 335 с.
3. Рамм В.М. Абсорбция газов. – М.: Химия, 1966.- 768 с.
4. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
5. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Юсупбеков Н.Р., Зокиров С.Г. ва б. Газларни қайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Шарқ, 2016. - 856 б.
6. Касаткин Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 2006. – 752 с.
7. Александров Н.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. – М.: Химия, 1978. – 280 с.
8. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. – М.: Высшая школа, 1990. – 520 с.
9. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Мякочин А.С., Копп А.Н. Эффективные теплообменные поверхности. – М.: Машиностроение, 1999.- 423 с.
10. Кишкин А.А., Краев М.В., Зуев А.А. Интенсификация теплообмена // Авиационная и космическая техника. Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. С.130-134.
11. Эффективные поверхности теплообмена / Э.К. Калинин [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 408 с.
12. Интенсификация тепло- и массообмена на макро-, микро- и наномасштабах / Б.В. Дзюбенко [и др.] ; ред. Ю.А. Кузма-Кичта. – М. : ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2008. – 532 с.
13. Попов, И.А. Промышленное применение интенсификации теплообмена – современное состояние проблемы (обзор) / И.А. Попов, Ю.Ф. Гортышов, В.В. Олимпиев // Теплоэнергетика. – 2012. – № 1. – С. 3–14.
14. Гортышов, Ю.Ф. Теплогидравлический расчет и проектирование оборудования с интенсифицированным теплообменом / Ю.Ф. Гортышов, В.В. Олимпиев, Б.Е. Байгалиев. – Казань : Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. – 432 с.
15. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках. – М.: Наука, 1982. – 472 с.
16. Леонтьев А.И., Гортышов Ю.Ф. и др. Разработка фундаментальных основ создания прототипов энергоэффективных теплообменников с поверхностной интенсификацией теплообмена / Труды 4-ой РНК по теплообмену: Интенсификация теплообмена. – М.: МЭИ, 2006.-т.6.-с.253-257.
17. Тарасевич С.Э., Злобин А.В., Яковлев А.Б. Гидродинамика и теплообмен при движении однофазной жидкости в трубах с искусственной шероховатостью // ТВТ, 2015.- т.53.- вып.6.- с.938–952.
18. Анисин А.А. Теплоотдача и аэродинамическое сопротивление поперечно обтекаемых коридорных пучков гладких труб с поверхностью различной формы / Труды 4-ой РНК по теплообмену: Интенсификация теплообмена. – М.: МЭИ, 2006.-т.6.-с.150-154.
19. Rohsenow, W.M. Handbook of heat transfer / W.M. Rohsenow, J.P. Hartnett, Y.I. Cho. – 3-rd. ed. – N.Y. : Mc.Graw-Hill Professional, 1998. – 1344 p.
20. Дзюбенко Б.В., Кузма-Кичта Ю.А., Холпанов Л.П. и др. Интенсификация тепломассообмена в энергетике. – М.: ФГУП ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2003. – 232 с.



22. Дульнев Г.Н. Теория тепло- и массообмена. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 195 с.
21. Патент РУз IAP №06102. Карбонизационная колонна / Нурмухамедов Х.С., Мавланов Э.Т., Закиров С.Г., Каримов К.Ф., Темиров О.Ш. -2019, приор. от 23.12.2019.

К ПРОБЛЕМЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ БУРОВОГО УГЛЯ АНГРЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ТУРБОЛОПАСТНОМ АППАРАТЕ

**Аннаев Нарбай Асаматдинович¹, Файзиева Наргиза Салимовна²,
Султонов Жавохир Валижонович³, Нурмухамедов Саъдулла Хабибуллаевич⁴,
Левданский Александр Эдуардович⁵, Федарович Евгений Геннадьевич⁶.**

¹Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан,
E-mail: n.annaev@uz-kor.com, Phone: +998-93-040-11-82
<https://orcid.org/0000-0002-5405-2485>

²Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан,
E-mail: nargiza8320910@gmail.com, Phone: +998 99 832 09 10
<https://orcid.org/0009-0003-1251-6477>

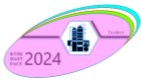
³Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан,
E-mail: sjv8904@gmail.com, Phone: +998-97-429-89-04
<https://orcid.org/0000-0002-5405-2485>

⁴Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан,
E-mail: haas-bek@mail.ru, Phone: +998-97-344-05-03
<https://orcid.org/0000-0002-5405-2485>

⁵Белорусский государственный технологический университет, Минск, Белоруссия
E-mail: zhenya.fedorovich.1999@mail.ru, Phone: +375293237036
<https://orcid.org/0000-0003-2684-7771>

⁶Белорусский государственный технологический университет, Минск, Белоруссия
E-mail: zhenya.fedorovich.1999@mail.ru, Phone: +375295618241
<https://orcid.org/0000-0002-2137-1260>

Аннотация: В работе представлено экспериментальное исследование влияния числа оборотов на гранулометрический состав бурого угля при измельчении в турболопастном аппарате. Аппарат состоит из 3 зон: зона загрузки “А”, зона измельчения “В” и зоны выгрузки “С”. Конструкция аппарата включает цилиндрический корпус, изготовленный из нержавеющей стали X18H10T диаметром 0,150 м, толщиной 0,006 м и длиной 1,5 м. При эксперименте выявлено, что при числе оборотов рабочего вала $n=500$ об/мин грансостав существенно улучшился, причем фракция до 0,05 мм составила 13,18%, доля фракции 0,08 мм 22,05%, фракция в интервале 0,08-0,16 мм составила 20,88%, доля 0,16-0,315 мм 16,01%, доля 0,315-0,5 мм 14,46%, фракция в интервале 0,5-1,25 мм составила 6,05%, и наконец, частицы свыше 1,25 мм составили всего – 7,29%. Если увеличить число оборотов рабочего вала до $n=1200$ об/мин, фракция до 0,05 мм



составила 30,42%, доля фракции 0,08 мм 24,66%, фракция в интервале 0,08-0,16 мм составила 14,42%, доля фракции 0,16-0,315 мм 16,34%, доля фракции 0,315-0,5 мм 12,53%, фракция в интервале 0,5-1,25 мм составила 1,11%, а фракция из частиц свыше 1,25 мм – отсутствует.

Аннотация: Ушбу ишда турбопарракли қурилмада кўмирни майдалашда ишчи валнинг айланишлар сонининг гранулометриқ таркибга таъсирининг тажриба натижалари келтирилган. Қурилма 3 та қисмдан иборат: юклаш “А”, майдалаш “В” ва тушириш “С”. Қурилма конструкцияси диаметри 0,150 м, қалинлиги 0,006 м ва узунлиги 1,5 м зангламайдиған Х18Н10Т пўлатдан ясалган цилиндрик корпусдан иборат. Тажриба натижасида аниқландики, ишчи валнинг айланишлар сони $n=500$ ай/мин бўлганда гранулометриқ таркиб сезиларли яхшиланди, 0,05 мм гача бўлган фракция 13,18% 0,08 мм гача бўлган фракция 22,05%, 0,08-0,16 мм оралигидаги заррачалар фракцияси 20,88%, 0,16-0,315 мм ли заррачалар эса 16,01%, 0,315-0,5 мм ли фракция 14,46%, 0,5-1,25 мм оралигидаги фракция қисми 6,05%, ва нихоят 1,25 мм дан юқори фракция 7,29% ни ташиқил қилди. Агар ишчи валнинг айланишлар сонини $n=1200$ ай/мин гача оширилса 0,05 мм ли фракция 30,42%, 0,08 мм ли фракция 24,66%, 0,08-0,16 мм оралигидаги фракция 14,42%, 0,16-0,315 мм ли фракция 16,34%, 0,315-0,5 мм ли фракция 12,53%, 0,5-1,25 мм оралигидаги фракция 1,11% ни ташиқил қилди, 1,25 мм дан юқори фракция эса мавжуд бўлмаслиги аниқланди.

Abstract: The paper presents an experimental study of the influence of the speed on the particle size distribution of brown coal during grinding in a turboblade apparatus. The device consists of 3 zones: loading zone “A”, grinding zone “B” and unloading zone “C”. The design of the apparatus includes a cylindrical body made of stainless steel X18N10T with a diameter of 0,150 m, a thickness of 0,006 m and a length of 1,5 m. The experiment revealed that at the number of revolutions of the working shaft $n = 500$ rpm, the granular composition improved significantly, with a fraction of up to 0,05 mm was 13.18%, the share of the fraction 0,08 mm was 22,05%, the fraction in the range of 0,08-0,16 mm was 20,88%, the share of 0,16-0,315 mm was 16,01%, the share was 0,315-0,5 mm 14,46%, the fraction in the range of 0,5-1,25 mm amounted to 6,05%, and finally, particles above 1,25 mm amounted to only 7,29%. If we increase the number of revolutions of the working shaft to $n=1200$ rpm, the fraction up to 0,05 mm was 30,42%, the fraction of the fraction 0,08 mm was 24,66%, the fraction in the range of 0,08-0,16 mm was 14,42%, the fraction of the fraction 0,16-0,315 mm was 16,34%, the fraction of the fraction 0,315-0,5 mm was 12,53%, the fraction in the range of 0,5-1,25 mm was 1,11%, and the fraction from particles over 1,25 mm – absent.

Ключевые слова: измельчение, газификация, синтез-газ, турболлопастной аппарат, уголь, число оборотов, гранулометрический состав, фракция.

Калит сўзлар: майдалаш, газификация, синтез-газ, турбопарракли қурилма, кўмир, айланишлар сони, гранулометриқ таркиб, фракция.

Key words: grinding, gasification, synthesis gas, turbo-blade apparatus, coal, speed, particle size distribution, fraction.

Введение. В настоящее время остро стоит проблема разработки ресурсо и энергоэффективных ТЭС нового поколения работающих на угле, а также совершенствованию эксплуатируемых станций, отличающихся экологической чистой получения электроэнергии и тепла, а также утилизацией образующихся отходов [1].

Идея о необходимости и эффективности предварительной переработки твердого топлива перед его сжиганием сформулирована учеными еще в начале XX века, а первых создал условия для ее практической реализации акад.Г.М. Кржижановский [2].

Чуть позже Чуханов З.Ф. обосновал и разработал процесс высокоскоростного пиролиза твердого топлива (угля, торфа, горючих сланцев), показав его высокую эффективность в первую очередь при реализации на базе крупномасштабных потребителей твердого топлива, какими являются электрические станции. Подобная переработка топлива позволяет наиболее экономичным образом извлекать или получать из него ценные продукты: газ пиролиза, на 30-40% состоящий из непредельных углеводородов - главного сырья современной химии пластикутов, ныне получаемого из природного газа и нефти, и смолопродукты, из которых можно получить различные виды моторного топлива и жидкое котельное топливо - аналог мазута [2, 3].

Известно, что к низкосортным углям относят все количества бурых углей и часть каменных углей с зольностью свыше 25%. Переработка низкорекреационного топлива с целью получения энергии методом газификации является весьма перспективным

направлением (рис.1), способным обеспечивать высокую эффективность и высокие энергетические показатели производства.

Основной целью процессов переработки бурых углей является получение жидких топлив, смазочных масел и углеводородных газов. Поэтому они направлены на разукрупнение (деструкцию) молекул исходного сырья и увеличение относительного содержания водорода.

Основными направлениями переработки бурых углей являются: механическое и; термическое обогащение; сжигание; термолиз (полукоксование и коксование); газификация; гидрогенизация; экстракция и термическое растворение; производство адсорбентов. Для успешной организации любого из вышеперечисленных способов необходима предварительная переработка твердых топлив, в частности, измельчение.

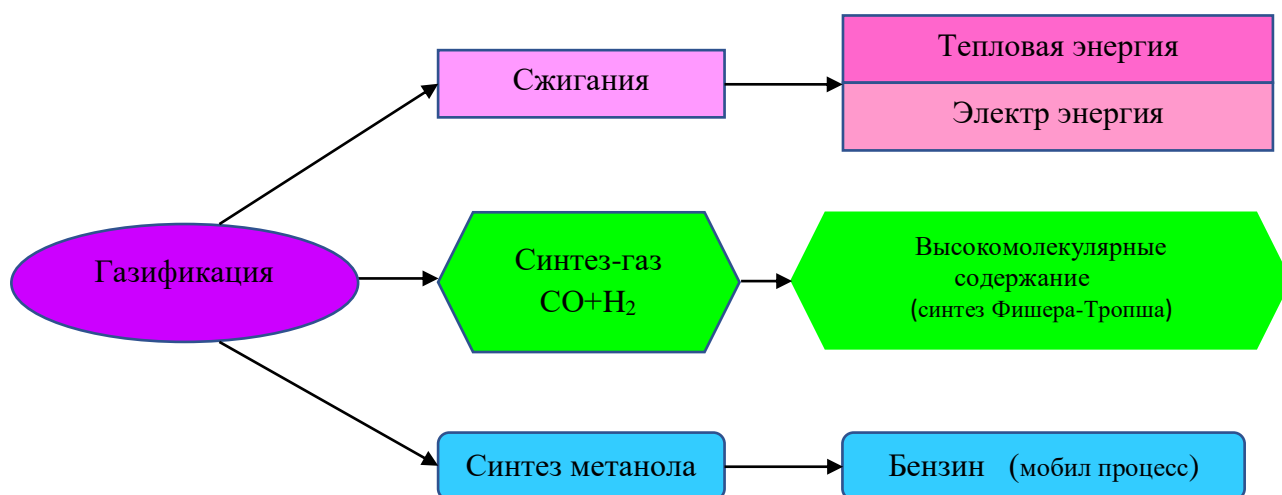
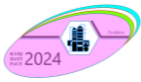


Рис.1. Промышленные методы газификации углей.

В настоящее время предложены разнообразные методы газификации (рис.1), отличающиеся, главным образом, крупностью перерабатываемого твердого топлива, способом его подачи в газогенератор, температурой газификации, давлением в газогенераторе, составом дутья, а также проведением процесса без подачи тепла из постороннего источника и с подачей тепла – соответственно, адиабатические и аллотропические процессы [4, 5].

Работа Пряткина В.С. с сотрудниками [2] посвящена методу газификации низкорекреационного твердого топлива в восходящем потоке, активированного нанокатализаторами окислителя, а исследования Шпирт М.Я. – математическому моделированию данного процесса и разработке установки, реализующая данный метод [6, 7, 8].

Известен способ газификации кускового угля и угольной пыли [16], при этом в качестве газификационного агента используется смесь газов, содержащий кислород и водяной пар или двуокись углерода. Причем, пылевидная фракция с максимальным



диаметром частиц до 100 мкм вводится в потоке газовой фазы. Данный способ позволяет значительно повысить коэффициент использования добываемого природного угля.

Во многих странах производится прямое сжигание, перспективность которого зависит от топлив сгорания, возможности экономически эффективной утилизации образующихся зол шлаковых продуктов, во многом обусловленной экономической конъюнктуры в регионе образования рассматриваемого угле отхода [6, 7, 9].

Процесс газификации угля является многоцелевым относительно состава продуцируемого газа. При получении газообразных топлив выделяются три основных направления, связанные с производством топливного газа, замены тела природного газа и синтез-газа. Состав и теплотворная способность продуцируемого газа зависят не только от режимов газификации, но и от конструкции используемого газогенератора. Применение топливного газа позволяет решать экологические и технологические проблемы в энергетике, металлургии и других отраслях промышленности. Особенностью получаемого заменителя природного газа является низкое содержание CO и, следовательно, относительно низкая токсичность, что позволяет широко применять этот газ в бытовых целях. Синтез-газ используется для получения высокомолекулярных соединений, метанола, моторного топлива или водорода путем химической переработки [10].

Для успешной организации любого из вышеперечисленных основных направлений переработки твердых топлив является измельчение твердых топлив до размеров, требуемых тем или иным способом сжигания [3].

Общеизвестно, что измельчение твердых материалов относится к числу самых энергоемких, материалоемких и распространенных процессов. Его осуществляют, как правило, механическим разрушением крупных фрагментов ударным или сдавливающим действием в аппаратах различных конструкций.

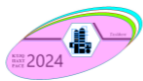
Ежегодно несколько миллиардов тонн различных материалов, таких как руда, уголь, цемент, минеральные удобрения подвергаются дроблению и измельчению, на что затрачивается около 7-10% всей производимой в мире электроэнергии ежегодно затрачивается на эти процессы [11, 12].

Сильвано Б. создал вальцовую мельницу для измельчения и сортировки сыпучих материалов содержит пару вращающихся в противоположных направлениях вальцов, между которыми образован зазор для прохода материала, подвергающийся измельчению, и устройство просеивания, объединенное с вальцами для разделения продуктов измельчения в соответствии с размерами частиц размолотого материала [13].

Андриевский В.М. с сотрудниками предложили метод измельчения частиц путем вспучивания за счет создаваемой разницы давления при подаче растительного сырья и предварительного подсушивания при температуре 75-150°C [14]. Кроме того, для получения порошка растительного сырья его измельчают до порошкообразного состояния, смешивают с сухими овощными компонентами до содержания сухих веществ в смеси 20-30% и распыляют в газообразную среду двуокиси углерода при температуре 150-180°C и давлении 150-250 кПа. Сушка производится под вакуумом при давлении не более 50 кПа [15].

Известно устройство для измельчения материалов, которое содержит корпус с загрузочным патрубком, шнек, соединяющийся с валом, и режущий орган, состоящий из ножа и решетки [16, 17].

Устройство дополнительно включает маятниковый толкатель и накопительный лоток, переходящий в загрузочный патрубок, который выполнен в виде изогнутой камеры прямоугольного сечения, сопрягающейся с рабочей камерой корпуса с образованием приемного окна с острой кромкой в его нижней части, которая наклонена к оси вращения шнека. Данное изобретение позволяет снизить потребляемую мощность для измельчения, повышает скорость переработки материалов.



В качестве недостатков надо отметить увеличение боковой нагрузки на узел крепления устройства к электродвигателю и резкое повышение интенсивности окислительных процессов в результате нагрева и механического разрушения.

В промышленности более распространены методы, основанные на ударе и разрезании. Кроме вышеназванных методов измельчения существуют: способ аэрошелушения, метод циклических изменений давления среды, метод мгновенного снятия избыточного давления пара, электрогидравлического эффекта и т.д. [18, 19]. Но, в настоящее время, ни один из методов не нашел промышленного применения вследствие невозможности достижения полного раскалывания или больших энергетических затрат.

Одним из перспективных методов измельчения твердых материалов является скоростное измельчение в аппаратах турболопастного типа [20].

Объектом исследования является интенсификация процесса измельчения твердых углеводородов, в частности, бурых углей местных месторождений, являющиеся низкорекреационным топливом. Для успешного решения авторами предложен метод измельчения в трехзонном аппарате турболопастного типа. Для измельчения твердых углеводородов с целью интенсификации процесса горения в псевдооживленном слое создан турболопастной аппарат для измельчения [21, 22].

Аппарат для измельчения имеет 5 зон: загрузки “А”, грубого измельчения “В”, мелкого измельчения “С”, тонкого измельчения “D” и выгрузки “Е”.

Конструкция аппарата включает цилиндрический корпус изготовленный из нержавеющей стали X18H10T диаметром 0,150 м, толщиной 0,006 м и длиной 1,5 м, внутри которого по горизонтальной оси расположен вал с клиновидными стержнями. Вал с обеих сторон закреплен на подшипниках и посажен в стакан, который на скользящей посадке вращается внутри втулки. Вал осуществляет как вращательное, так и возвратно-поступательное движение. Для осуществления вращательного движения конец вала, находящийся на стороне зоны загрузки, соединен с электродвигателем при помощи муфты. Амплитуда возвратно-поступательного движения регулируется при помощи пневматического цилиндра. Смещение вала вдоль оси вращения позволяет срезать налипаемые мелкодисперсные частицы на внутренней стенке цилиндрического корпуса. Турболопастной аппарат горизонтального типа, предназначенный для измельчения твердых материалов установлен на двух опорах.

В зоне загрузки “А” составляющей 10% от общей длины рабочего вала (внутри корпуса аппарата) установлены стержни с лопатками под углом 72° для регулирования подачи исходного сырья в пространство между цилиндрическим корпусом и валом. Шаг размещения лопаток в зоне загрузки равен $t=2,5 \cdot d$.

Грубое измельчение осуществляется в зоне «В» при шаге размещения цилиндрических стержней $t=(1,2-1,5) \cdot d$ размеры получаемых частиц не сильно отличаются друг от друга и гранулометрический состав получается неоднородным.

В зоне мелкого измельчения «С» на валу с диаметром d_v в одном периметре расположены цилиндрические стержни в количестве 12 штук с шагом $t=(0,8-1,2) \cdot d$. Причем, измельчение твердых тел протекает за счет стесненного удара.

Тонкое измельчение происходит в зоне «D», в которой остроконечные стержни расположены по спирали с шагом в пределах $t=(0,5-0,98) \cdot d$ и составляют 1/4 часть от длины измельчающей части рабочего вала. Установленные на валу остроконечные стержни, которые имеют боковые поверхности в виде дискретно размещенных шероховатостей по всей высоте стержня. Все торцы стержней скошены под углом 20° . Причем, степень измельчения i в данной зоне достаточно велика, что объясняется одновременным измельчением твердых тел как за счет истирания, так и стесненного удара.

В зоне «Е» выгрузки измельченного материала стержни установлены по ходу вращения под углом 120° расположены стержни с круглым поперечным сечением. Нижние торцы стержней имеют сечение полусферы. Шаг размещения стержней составляет в

пределах $t=3 \cdot d$ и составляют 20% от общей длины рабочего вала, которая расположена внутри корпуса аппарата. Выгрузка измельченного готового продукта осуществляется через штуцер, установленный непосредственно поблизости возле фланца с крышкой. Характерной особенностью разработанного аппарата является то, что вал со стержнями может осуществлять одновременно вращательное и возвратно-поступательное движение. Вращательное движение от 100 до 2880 об/мин, а возвратно-поступательное движение колеблется в пределах 30 мм. Скорость вращения рабочего вала измерялся бесконтактным цифровым тахометром DT2234C с точностью измерения $\pm 0,05\%$. Верхний предел возвратно-поступательного движения вала со стержнями 20 мм связан с возможным налипанием материала в каждой зоне измельчения твердого материала. Гранулометрический состав измельченного материала определялся в аппарате Eijkelcamp, который позволяет производит экспресс анализ с минимальной погрешностью.

Обсуждение результатов исследований. Экспериментальные исследования по измельчению твердых топлив местных месторождений проведены с бурый углем Ангренского месторождения.

Экспериментальные исследования по тонкому измельчению полидисперсных материалов проведены в скоростном измельчителе турболопастного типа в следующем диапазоне изменения режимных параметров: угловая скорость рабочего вала $\omega=48,1-115,4 \text{ c}^{-1}$; шаг расположения стержней в зоне тонкого измельчения $t/d=0,6-0,98$ [20].

Исходное сырье, бурый уголь Ангренского месторождения предварительно раскалывали до размера $\leq 15 \text{ мм}$.

Влияние угловой скорости вращения ω на измельчение бурого угля можно определить сопоставлением гистограмм на рис.4.

При угловой скорости рабочего вала со стержнями круглого поперечного сечения получены следующие экспериментальные результаты: при значении угловой скорости $\omega=182,6 \text{ c}^{-1}$ фракции до $d_3=0,08 \text{ мм}$ составляет свыше 73,98%, до $d_3=0,5 \text{ мм}$ свыше 99,4%. Доля фракции с размером частиц до 0,05 мм с 13,18% возросла до 41,57%, т.е. интенсификация процесса измельчения в 3 и более раз.

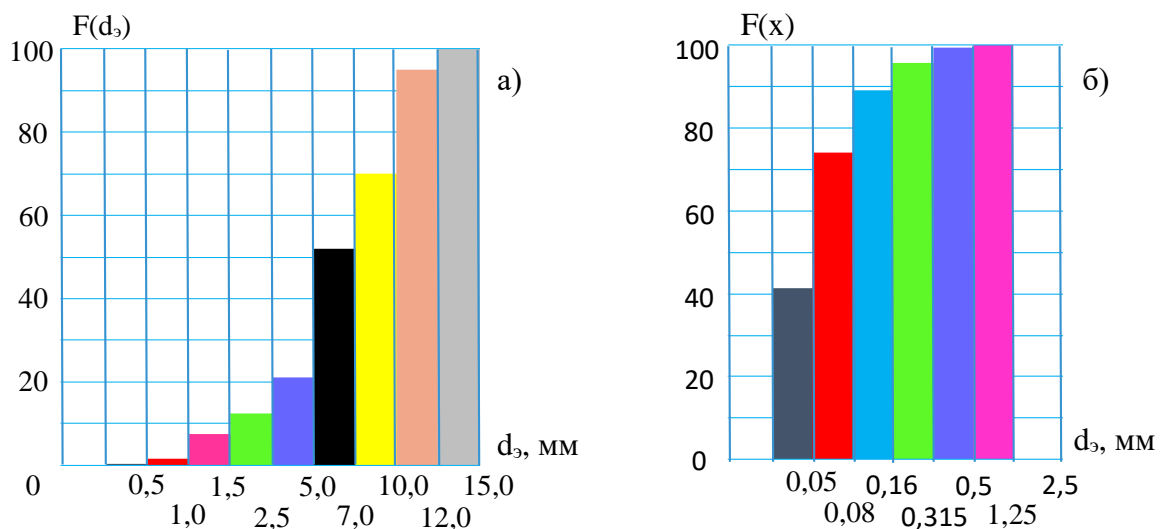


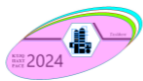
Рис.4. Гистограммы дискретного распределения фракций
измельченного бурого угля в интегральной форме.
а – исходное сырье; б – $\omega=182,6 \text{ c}^{-1}$;

На рис.5 иллюстрируются фотографии отдельных фракций исходного и измельченного фракций бурого угля.



Рис.5. Фотографии фракций бурого угля при измельчении в турболопастном аппарате. а – исходная фракция - 12-15 мм; б – 0,5-0,63 мм; в – 0,16-0,315 мм; г – <0,05 мм;

Анализ результатов экспериментальных исследований по измельчению бурого угля в турболопастном измельчителе продемонстрировал, что рост численных значений угловой скорости вращения рабочего вала увеличивает степень измельчения твердых тел (рис.5), и соответственно, способствует повышению удельной поверхности слоя частиц.



Естественно, повышение поверхности частиц слоя ведет к интенсификации последующих технологических химических или тепло- или массообменных процессов.

Общеизвестно, что на разрушение материалов и продуктов доминирующее влияние оказывает возникновение и развитие трещин в результате приложения нагрузок. Концентрация энергии по фронту всегда способствует разрушению материалов и частиц при относительно низких напряжениях, чем это необходимо для разрушения тел с однородной структурой [11].

При одно стадийном измельчении гранулометрический состав при однородности по размерам около 50-70% не приемлем для товарной фракции любых сыпучих материалов.

Многочисленными экспериментальными исследованиями установлено, что одностадийное измельчение не позволяет достичь тонкого измельчения и хорошего гранулометрического состава. Поэтому, на основании теоретической и экспериментальных исследований доказана целесообразность проведения процесса дробления в три стадии в одном аппарате.

Многочисленные соударения частиц твердых материалов о стержни приводит к возникновению и развитию трещин при высоких нагрузках в турбулентном режиме двухфазного потока, способствуют получению однородных по размерам, близких по форме к шарообразной частиц.

Выводы. Использование трех стадийного измельчения в одном турболопастном аппарате обеспечивает эффективного измельчение низко реакционного угля Ангренского месторождения. Экспериментальными исследованиями установлена достаточна высокая эффективность данного метода, которая обеспечивает высокую степень измельчения и позволяет получить мелкодисперсные фракции бурого угля.

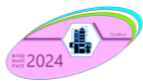
Влияние угловой скорости вращения рабочего вала турболопастного аппарата значительно, т.е. позволяет при получении тонко измельченной фракции интенсифицировать процесс измельчения в 3 и более раза и при этом степень измельчения бурого угля достигает до значений 300.

Высокая эффективность процесса измельчения бурового угля Ангренского месторождения в турболопастных измельчителях объясняется одновременным воздействием 3-х способов измельчения, т.е. раскалывание, стесненный удар и истирание.

Организации последовательно протекающих процессов в одном аппарате достигнута высокая степень измельчения бурого угля.

Использованная литература

1. Энергетическая стратегия России в период до 2030 года // Приложение к общественно-деловому журналу “Энергетическая политика”. – М.:ГУ ИЭС, 2010.-184 с.
2. Пряткин В.С., Белов А.А., Иванов В.В. и др. Газификация угля и ее применение в энергетике // Известия ВУЗов технические науки “Энергетика”, 2018. – №3. – с.42-47.
3. Кабанов И.Г. Методы и способы получения синтетического газообразного и жидкого топлива на основе химической переработки угольного минерального сырья // Вологдинские чтения, 2009. - №4. – с.24-26.
4. Efimov N.N. et.al. Modelirovanie protsessa gazifikatsii nizkoreakcionnogo uglya v kol'tsevom potoke [Simulation of the process of gasification of low-reaction coal in a ring flow]. Ugol', 2015.-№9.- p.88–91.
5. Efimov N.N., Belov A. A, Shaforost D.A., Fedorova N.V., Pryatkina V.S. The Mathematical Model of the Coal Gasification Process in a Flow/ Modern Applied Science, -2015. - vol. 9. -№2. -p. 223 – 227.
6. Каталог “Основные процессы термохимической переработки углей” . – Горлов Е.Г., Малолетнев А.С., Скрипченко Г.Б. и др. -М.: Трэк, 2005. – 294 с.
7. Шпирт М.Я., Скачкова Е.С. Перспективы использования газификации низкосортных углей, органоминеральных отходов добычи и обогащения каменных углей // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2014. -№1.- с.295-303.
8. Шпирт М.Я., Артемьев В.Б., Силютин С.А. Использование твердых отходов добычи и переработки горючих ископаемых. - М.: Трэк, 2013. – 423 с.
9. Патент РФ №2543194. МКП⁸ C10J 3/46. Способ газификации бурых углей / Шпирт М.Я., Кравченко А.Н. / опубли. 27.02.2015, Бюлл. №6. – ил.1. – с.7.



10. Алешина А. С., Сергеев В. В. Газификация твердого топлива: учеб. пособие. - СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. — 202 с.
11. Перов В.А., Андреев Е.Е., Биленко Л.Ф. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – М.: Недра, 1990. – 300 с.
12. Нурмухамедов Х.С., Закиров С.Г., Юсупбеков Н.Р. ва б. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва қурилмалари. – Т.: Шарк, 2016. – 856 б.
13. Патент России №2263540, МКП⁷ В02С 4/06. Вальцовая мельница для измельчения и сортировки сыпучих материалов/ Барбьери Сильвано (Ит). – ил. 3. – с.4.
14. Патент России №1792303, МКП⁴ А23L 1/212. Способ получения порошков из сырья растительного происхождения / В.М. Андриевский, В.В. Живетин, В.Н. Злобин, А.Г. Селиванов, В.А. Беликов, Н.В. Юмашев В.И. Слесарев; опубл. 30.01.1993. - 7 с.- 1ил.
15. Патент России №2013058, МКП⁷ А23В 7/02. Способ получения сухого пищевого продукта из репчатого лука / Пилипенко Л.Н.; Квасенков О.И.; Касьянов Г.И. 30.05.1994. – 9 с
16. Патент РФ №2685647. МКП⁸ С10J 3/46. Способ газификации бурых углей / Фу Миньянь, Дин Луюн / опубл. 22.04.2018, Бюлл. №12. – ил.5. – с.16.
17. Патент России №2313397. МПК⁷ В02С 18/30. Устройство для измельчения продуктов / Валеев Р.Р., Валеев И.Р., Ценев Н.И., Митрофанов О.А., Ценев А.Н. – ил.1.– 9 с.
18. Бурункова Ю.Э., Успенская М.В., Самуйлова Е.О. Растительные масла: свойства, технология получения и хранения, окислительная стабильность. - СПб.: Университет ИТМО, 2020. – 82 с.
19. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. – Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015.- 848 b.
20. Abdullaev A.Sh., Nurmuhamedov H.S., Abdullaeva S.Sh. Issue of non-traditional clearing roots // USA, The advanced science, 2013.-№5.- p.81-84.
21. Аннаев Н.А., Нурмухамедов Х.С., Усмонов Б.С. и др. Влияние шага размещения стержней на грубое измельчение деформирующихся материалов в турболопастном аппарате // Илмий-техника журналы, ФерПИ, 2019. -№2.-С.115-118.
22. Аннаев Н.А., Матчинов Ш.К., Нурмухамедов С.Х., Бекбаева Ф.У. и др. Гранулирование – дизайн твердых частиц. – Ташкент: ТХТИ, 2023.- 210 с.

STUDY ON THE PROCESS OF PURIFICATION OF ZINC SULFATE SOLUTIONS FROM IMPURITIES AND THEIR RHEOLOGICAL PROPERTIES

¹Jasur Makhmayorov, ²Diyorbek Absattorov and ²Murodjon Samadiy

¹University of Pedagogy and Economics, Qarshi, Uzbekistan

²Department of Chemical Technology, Karshi Engineering-Economics Institute, 225 Mustakillik str., Qarshi 180100, Uzbekistan maxmayorovjasur7@gmail.com, 0000-0003-2210-8293 +998 93 603 33 77

absattorov111@gmail.com, 0000-0002-6320-8250, +998991116555

samadiy@inbox.ru, 0000-0003-4467-291X, +998971380385

Abstract. This research investigates the purification of zinc sulfate solution derived from zinc-containing concentrate from the Khandiza ore deposit. The process begins with autoclave leaching, where 30% sulfuric acid is used to dissolve zinc and other associated metals. To eliminate impurities such as copper and cadmium, zinc dust serves as a reducing agent, facilitating the precipitation of these unwanted elements. The ideal ratio of metal to zinc dust was found to be 1:(1.05-1.10), which successfully decreased copper content in the solution from 0.26% to 0.01%, while also significantly lowering cadmium levels. This method presents a highly efficient and scalable approach to produce high-purity zinc sulfate. Its cost-effectiveness makes it suitable for large-scale industrial use, especially in zinc-rich regions like Khandiza, offering promising applications in various industries.

Key words: Zinc sulfate solution, Autoclave leaching, Zinc dust, Sulfuric acid, Copper reduction, Ammonia treatment, zinc-containing concentrate

Introduction. To produce zinc metal via the hydrometallurgical process, purifying the zinc sulfate solution is essential, typically done through the conventional roast–leach–electrowinning

process. Various purification methods are employed to obtain high-quality neutral zinc sulfate electrolytes with minimal impurities. A modified single-stage process has been developed to lower cobalt content, involving a one-step or two-step purification using potassium antimony tartrate (PAT), copper sulfate, and zinc dust to eliminate impurities [1, 2].

In the conventional zinc hydrometallurgy process, Zinc Leach Residue (ZLR), considered hazardous but potentially valuable, is produced. To extract precious metals from ZLR, a combination of sulfate roasting and water washing is used [3].

The kinetics of simultaneous cobalt and nickel cementation from industrial zinc sulfate solutions were studied using a rotating zinc electrode disc. Copper was added to enhance the slow cementation rate of nickel and cobalt [4].

In place of the traditional 2- or 3-step zinc dust cementation process, a single-step method is proposed for removing cadmium, copper, nickel, and cobalt via Cu-Sb activation during electrolytic zinc production. Copper is rapidly removed, forming a porous shell around the zinc particle that acts as a cathode, reducing cobalt, cadmium, and nickel as the zinc dissolves anodically [5].

A single-step treatment for zinc dust cementation is proposed for the simultaneous removal of Cd, Cu, Ni, and Co through Cu-Sb activation, improving upon the traditional 2- or 3-step process in electrolytic zinc production. Copper is rapidly removed, forming a porous Cu shell around the zinc particle, which then acts as a cathode to reduce Co, Cd, and Ni as the Zn dissolves anodically. Hydrogen evolution measurements and slurry potential provide insights into how the reduction and re-dissolution of these impurities are influenced by factors like pH, temperature, and antimony and zinc dust doses. Initially, Co, Cd, and Ni are removed without a reverse reaction, but once the Zn dissolves beyond a certain point, the shell potential surpasses the redox potential, initiating the re-dissolution of impurities [6].

The extractive purification of $ZnSO_4$ solutions from chloride using a combination of trialkyl phosphine oxide and organophosphorus acids, such as di(2-ethylhexyl) phosphoric acid and bis(2,4,4-trimethylpentyl) phosphinic acid, was also explored, resulting in chloride being separated as a $ZnCl_2 \cdot 2TRPO$ compound [7].

Further studies examined the removal of Co from Zn sulfate leach solutions via Cu and As-activated cementation on Zn powder before electrowinning. The researchers analyzed the kinetics and thermodynamics of the process, showing that increased As raises the thermodynamic driving force for Co cementation, forming cobalt arsenide at more positive potentials than cobalt metal plating. The size and quantity of Zn powder, as well as the recirculation of Co precipitation, were found to influence Co removal kinetics. Experiments revealed that finer Zn powder and recirculation improved Co cementation rates, even at lower temperatures or with less Zn. The initial high rate of Co cementation has an activation energy of 43 kJ/mol, followed by a slower, temperature-insensitive stage [8].

Methods. A zinc sulfate solution obtained from a zinc-containing concentrate sourced from the Khandiza ore deposit was selected for this study. The concentrate used had the following composition (wt.%): Zn - 45.15-45.45, Si - 12.90-13.30, K - 0.94-0.95, Ca - 0.55-0.58, Fe - 1.59-1.64, Cu - 0.77-0.81, Cd - 0.39-0.41, and Pb - 3.01-3.05. Standard methods were employed to determine the chemical composition of the solutions and precipitates, as well as the rheological properties of the solutions.

The zinc sulfate obtaining process was done by preliminary calcination of the zinc concentrate at a temperature of 900°C followed by leaching of zinc from the concentrate with 30% sulfuric acid in an autoclave at with Zn:H₂SO₄ ratio of 1:1.05 and 75°C for 90 minutes. The degree of extraction of zinc into the solution reached 91.7%. The zinc content in the solution was 14.88% and the percentage of zinc sulfate was 22.43%. The autoclave method was selected for this process

due to the low degree of extraction of zinc in a 30% sulfuric acid solution at atmospheric pressure and also without preliminary calcination, which was not exceeded 61.00%. The autoclave leaching was done to raise the degree of extraction of zinc into a sulfuric acid solution up to 61.00%. Preliminary calcination of zinc concentrate was done to allow more complete use of zinc raw materials. Chemical analysis of solutions and precipitates and rheological properties of solutions were determined by known methods.

Results and discussion: Due to the elevated levels of copper, cadmium, and sulfate ions in the liquid phase, additional studies were conducted to reduce their concentrations by introducing zinc dust after treating the zinc concentrate with sulfuric acid (Table 1) [9].

The table illustrates how varying the metal-to-zinc dust (ZD) ratio affects the chemical composition of the liquid phase during the processing of zinc concentrate, which was calcined at 900°C. The Zn-to-H₂SO₄ ratio ranged from 1:0.8 to 1:1.1 using 30% sulfuric acid.

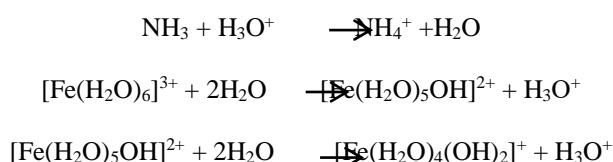
Table 1. Influence of Zn ratio:H₂SO₄ and Me:ZD on liquid phase composition

| No. | Me:ZD | Chemical composition of the liquid phase, wt. % | | | | |
|-----|--------|---|--------|--------|-------------------------------|------------------|
| | | Zn | Cu | CD | SO ₄ ²⁻ | H ₂ O |
| 1 | 1:0.0 | 14.88 | 0.26 | 0.13 | 26.39 | 60.61 |
| | 1:0.0 | | | | | |
| 2 | 1:0.8 | 14.88 | 0.19 | 0.07 | 26.24 | 59.50 |
| | 1:0.8 | | | | | |
| 3 | 1:1.0 | 14.88 | 0.10 | 0.001 | 26.10 | 58.30 |
| | 1:1.0 | | | | | |
| 4 | 1:1.05 | 14.88 | 0.0008 | 0.0004 | 25.96 | 57.03 |
| | 1:1.05 | | | | | |
| 5 | 1:1.1 | 14.88 | 0.0008 | 0.0004 | 25.96 | 57.03 |
| | 1:1.1 | | | | | |

The Me:ZD ratio was changed from 1:0.8 to 1:1.1.

The data indicates that increasing the amount of zinc dust leads to a reduction in copper concentration in the liquid phase, dropping from 0.26% without zinc dust to 0.0008% at a Me:ZD ratio of 1:(1.05-1.1). Similarly, cadmium levels decreased from 0.13% to 0.0004%, while sulfate ions (SO₄²⁻) were reduced from 26.39% to 25.96%.

The addition of ZD has little to no impact on the iron content in zinc sulfate solutions. As a result, ammonia was used to purify zinc sulfate solutions from iron. This method involves precipitating iron as iron (II) hydroxide by heating the solution, which shifts the protolytic equilibrium to the right, allowing for efficient removal from dilute acidified solutions.





The colloidal solution was then allowed to coagulate. Next comes the filtering. Then washed with a solution of ammonium nitrate, dried and calcined at 800°C. Fe₂O₃ is the weight form. Incorrect charring conditions or excess temperature lead to a decrease in the weight of the sediment and, as a result, to an underestimation of the results. This can be provoked by the reduction of some of the Fe at the divalent state (6Fe₂O₃ = 4Fe₃O₄ + O₂).

It should be noted that the precipitation process does not imply the presence of ions that form poorly soluble precipitates with iron (III). These are phosphate-, vanadate-, arsenate and silicate ions, and substances that bind iron (III) into soluble complexes: oxalate, fluoride ion, sugars, tartaric and citric acid, glycerin. Moreover, having a developed surface, this precipitate adsorbs many impurities, including sulfate ions and cobalt ions. Determination is also undesirable for ions that form hydroxides insoluble in ammonia, such as Cr³⁺ Al³⁺ and others.

On fig. 1 shows the data on the influence of the stoichiometric ratio Fe:NH₃ on the percentage of purification of ZnSO₄ solutions from iron, received from the zinc concentrate calcined at 900 °C, with a ratio of Zn:H₂SO₄ = 1:1.05, a H₂SO₄ concentration of 30% with the process duration of 90 minutes.

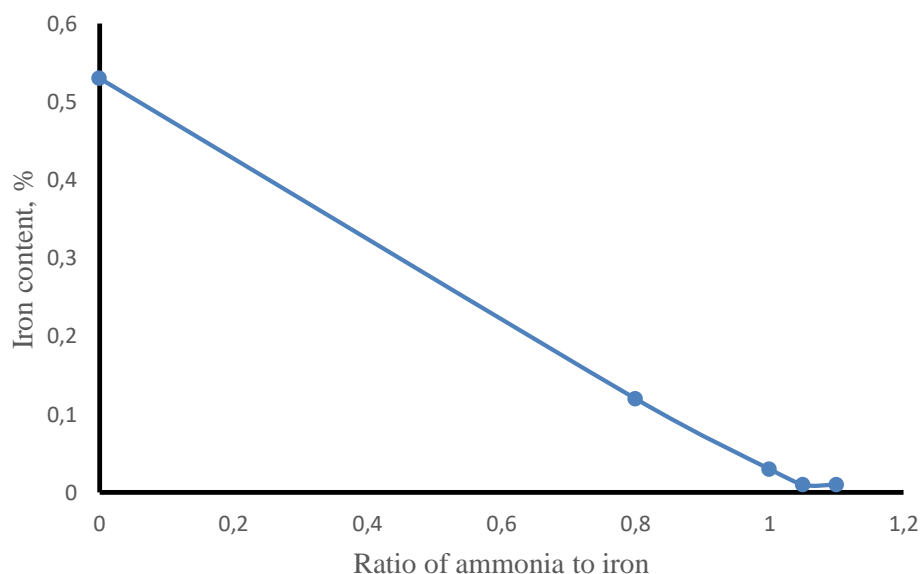


Figure 1. Influence of ratio Fe:NH₃ when the iron is removed from a zinc sulfate solution

Increasing the ratio Fe:NH₃ from 1:0.0 to 1:1.1 contributes to the reduction of iron in the solution from 0.53% to 0.01%. In this case, the degree of precipitation of iron increases to 98.1%. The content of other components practically does not change. The content of free acid is practically absent at a ratio of 1:1 / 1:1.

The optimal conditions for the process of cleaning the liquid phase from iron are the ratio Fe:NH₃ = 1:1.05. The degree of purification of the solution from iron is 98.1%, and its content does not exceed 0.01%.

The specific studies conducted on purifying zinc sulfate solutions containing impurities demonstrated the feasibility of obtaining an almost pure solution. Additionally, the rheological

properties of the solutions and pulps involved in the zinc sulfate production process were examined.

The efficiency and practicality of implementing various stages in zinc sulfate production are heavily influenced by the rheological characteristics of the initial, intermediate, and final solutions and suspensions. Among these properties, density and viscosity are particularly crucial when evaluating the potential for transporting saturated solutions [10].

Table 2. Influence of Zn:H₂SO₄ Ratios and Temperature on the Density of Pulps Obtained from the Conversion of Zinc Concentrate with Sulfuric Acid

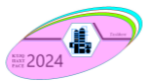
| No. | Zn:H ₂ SO ₄ | Density, g/cm ³ | | | | Empirical Equation | R ² |
|-----|-----------------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|---------------------|----------------|
| | | 20°C | 40°C | 60°C | 80°C | | |
| 1 | 1:0.6 | 2.338 | 2.330 | 2.325 | 2.323 | y = -0.0002x+2.3415 | 0.9932 |
| 2 | 1:0.8 | 2.329 | 2.323 | 2.317 | 2.314 | y = -0.0003x+2.3335 | 0.9797 |
| 3 | 1:0.9 | 2.324 | 2.316 | 2.310 | 2.301 | y = -0.0004x+2.3315 | 0.9947 |
| 4 | 1:1.0 | 2.322 | 2.314 | 2.306 | 2.298 | y = -0.0004x+2.3300 | 1.0000 |
| 5 | 1:1.1 | 2.316 | 2.308 | 2.299 | 2.291 | y = -0.0004x+2.3245 | 0.9994 |
| 6 | 1:1.2 | 2.284 | 2.262 | 2.239 | 2.221 | y = -0.001x+2.3045 | 0.9974 |
| 7 | 1:1.4 | 2.232 | 2.206 | 2.181 | 2.154 | y = -0.0013x+2.258 | 0.9998 |
| 8 | 1:1.5 | 2.190 | 2.158 | 2.131 | 2.112 | y = -0.0013x+2.213 | 0.9876 |
| 9 | 1:1.7 | 2.148 | 2.112 | 2.092 | 2.074 | y = -0.0012x+2.167 | 0.9699 |
| 10 | 1:2.0 | 2.116 | 2.082 | 2.064 | 2.048 | y = -0.0011x+2.133 | 0.9645 |

The viscosity and density of the pulps were determined at temperatures from 20 to 80°C and Zn:H₂SO₄ ratios from 1:0.6 to 1:2.0. The results obtained are presented in table 2. As per the obtained research results, empirical equations with a correlation coefficient (R²) are derived. The corresponding coefficients are in the range of 0.9645 and 1.000 and indicate the said experimental data are agreed with the established figure and values.

Conclusion. The results from autoclave leaching of zinc concentrate with sulfuric acid, followed by purification of the liquid phase using zinc dust and ammoniation, demonstrate that it is possible to achieve nearly pure zinc sulfate solutions. The empirical equations derived for the effects of temperature, Zn-to-H₂SO₄ ratio, and process duration show that the density and viscosity of the zinc concentrate slurries during sulfuric acid leaching remain within acceptable ranges.

References

1. Raghavan R, Mohanan P and Verma S. 1999 Modified zinc sulphate solution purification technique to obtain low levels of cobalt for the zinc electrowinning process *Hydrometallurgy* 51(2), pp. 187–206.
2. Murodjon Samadiy et al 2022 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1111 012058. DOI 10.1088/1755-1315/1111/1/012058.



3. Jiang G, Peng B, Liang Y, Chai L, Wang Q, Li Q and Hu M. 2017 Recovery of valuable metals from zinc leaching residue by sulfate roasting and water leaching *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 27(5), pp. 1180–1187.
4. Dib A, and Makhloufi L. 2007 Mass transfer correlation of simultaneous removal by cementation of nickel and cobalt from sulfate industrial solution containing copper *Chemical Engineering Journal*. 130(1), pp. 39–44.
5. Lu J, Dreisinger D and Rees K 2020 Simultaneous removal of Co Cu Cd and Ni from zinc sulfate solution by zinc dust cementation *Hydrometallurgy*, pp. 105479
6. Lu J, Dreisinger D and Rees K 2020 Simultaneous removal of Co Cu Cd and Ni from zinc sulfate solution by zinc dust cementation *Hydrometallurgy*, pp. 105479
7. Fleitlikh I Y, Grigorieva N A, Nikiforova L K and Logutenko O A. 2017 Purification of zinc sulfate solutions from chloride using extraction with mixtures of a trialkyl phosphine oxide and organophosphorus acids *Hydrometallurgy* 169, pp. 585–588
8. Krause B and Sandenbergh R F 2015 Optimization of cobalt removal from an aqueous sulfate zinc leach solution for zinc electrowinning *Hydrometallurgy* 155, pp. 132–140.
9. Makhmayorov J B, Tuychieva U I, Samadiy M A. 2018 Methods for obtaining zinc sulfate and production based on zinc-containing ore from the Khandiza. *Science time* pp. 48-51.
10. Jasur Makhmayorov, Ilham Usmanov, Bakhodir Abdullayev, Murodjon Samadiy. 2022 Rheological properties of pulps and solutions of zinc sulfate *Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology*. Namangan pp. 153-158.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА ГАЗА В ПРЯМОТОЧНОМ ЦИКЛОНЕ

NUMERICAL SIMULATION OF GAS FLOW IN A DIRECT--FLOW CYCLONE

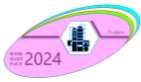
В. С. Топталов¹, О. М. Флисюк², Н. А. Марцулевич³

¹*Санкт-Петербургский государственный Технологический институт (Технический университет), Санкт-Петербург, Россия, e-mail: ixutuk@mai.ru
orcid.0009-0008-0215-7059, тел: +79818429861*

²*Санкт-Петербургский государственный Технологический институт (Технический университет), Санкт-Петербург, Россия, e-mail: flissiyk@mail.ru
orcid.0000-0002-5481-2317, тел: +79219383496*

³*Санкт-Петербургский государственный Технологический институт (Технический университет), Санкт-Петербург, Россия, e-mail: tohm1950@mail.ru
orcid.0000-0001-9206-5976, тел: +79213717410*

Аннотация: представлена численная модель течения газа в прямоточном циклоне двух различных компоновок. Главной задачей моделирования было определение поля скорости газа в аппарате и анализ наличия турбулентного следа завихрителя стабилизатора, который может оказывать негативное влияние на эффективность аппарата. В ходе проведённого исследования было установлено, что при срыве потока газа со стабилизатора завихрителя образуется турбулентный след, в который могут попадать улавливаемые частицы. Решением этой проблемы является удлинение стабилизатора и увеличение его диаметра. Также в статье рассматриваются известные в литературе численные исследования циклонов – аппаратов для очистки газов от пылей. Проведённый обзор показал популярность подобной тематики среди научных коллективов, что подтверждает ее актуальность. Публикации включают в себя численные модели аппаратов, которые получены с использованием различных методов моделирования турбулентности. Наиболее значимым результатом численного моделирования является поле скоростей газа, на основе которого определяется эффективность аппаратов, а также проводится оптимизация и модернизация их конструкции. Приведён краткий обзор наиболее известных моделей турбулентности, описаны их основные



достоинства и недостатки. Показано, что соотношение точности и требовательности к вычислительным ресурсам RANS моделей оправдывает себя в большинстве случаев. На основе обзора моделей аргументирован выбор модели турбулентности для проводимого численного исследования новой конструкции прямого циклона.

Abstract: *a numerical model of gas flow in a direct-flow cyclone of two different configurations is presented. The main task of the simulation was to determine the gas velocity field in the apparatus and analyze the presence of a turbulent wake of the stabilizer swirler, which can have a negative impact on the efficiency of the apparatus. During the study, it was found that when the gas flow is disrupted from the stabilizer of the swirler, a turbulent wake is formed, into which trapped particles can fall. The solution to this problem is to lengthen the stabilizer and increase its diameter. The article also discusses numerical studies of cyclones, devices for purifying gases from dust, known in the literature. The review showed the popularity of such topics among scientific teams, which confirms its relevance. Publications include numerical models of vehicles, which are obtained using various turbulence modeling methods. The most significant result of numerical modeling is the gas velocity field, on the basis of which the efficiency of the devices is determined, and their design is optimized and modernized. A brief overview of the most well-known turbulence models is given, their main advantages and disadvantages are described. It has been shown that the ratio of accuracy and demand for computing resources of RANS models is justified in most cases. Based on a review of models, the choice of a turbulence model for the ongoing numerical study of a new design of a direct-flow cyclone is justified.*

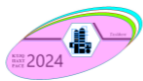
Ключевые слова: *прямоточный циклон, пылеулавливание, закрученный поток, численное моделирование, модель движения газа, завихритель, поле скоростей газа.*

Keywords: *direct-flow cyclone, dust collection, swirling flow, numerical simulation, gas flow model, swirler, velocity field of gas.*

Введение. Мелкодисперсные твёрдые частицы, получающиеся в ходе проведения различных технологических процессов химических, строительных и металлургических производств, попадая в атмосферу, оказывают негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека. Запылённость промышленных газовых выбросов является проблемой, которая на данный момент не имеет однозначного и конечного технологического решения. Каждый год мировое научное сообщество предлагает новые подходы, методы, модели и аппараты для очистки газовых потоков от пылей. Из известных конструкций аппаратов для пылеулавливания особое внимание можно уделить прямооточным циклонам, т.к. в большинстве случаев, они имеют простую конструкцию, низкое гидравлическое сопротивление и малую металлоёмкость. Кроме этого, материалы, уловленные в таких аппаратах, могут быть возвращены обратно в производственный технологический процесс, что обеспечивает ресурсосбережение и увеличивает и без того высокую энергоэффективность.

В ходе проведённой работы нами была разработана новая конструкция прямооточного циклона. Для оптимизации конструкции поток газа в аппарате был смоделирован с использованием численных методов. Использование такого подхода при моделировании различных процессов в технологических аппаратах в большинстве случаев оправдывает себя. Модели, созданные в функциональных программных комплексах, прошедших валидацию, показывают высокую степень сходимости с экспериментальными результатами. Это позволяет использовать методы численного моделирования для разработки и оптимизации конструкций аппаратов. Ранее было показано [1], что численное моделирование позволяет определять поля скоростей в циклонах, на основе которых в дальнейшем можно проводить доработку их конструкций.

В работе [2] авторы рассматривают три различные вариации конструкции осевого циклона. Авторы показывают, что одним из факторов, позволяющих повысить эффективность улавливания циклонов, является использование непрерывного удаления отделяемой в циклонах пыли путем ее извлечения дополнительным потоком, забирающим пыль из пылеприёмной камеры. Кроме того, авторами проведено развёрнутое численное моделирование предлагаемых конструкций аппарата. Исследовано влияние радиуса стабилизатора завихрителя на эффективность, определены поля скоростей и наиболее эффективная скорость улавливания. В работе [3] приведено численное моделирование циклона с тангенциальным подводом газового потока. Авторами предложено пять



различных вариантов конструктивного оформления патрубков подвода газа. В программном обеспечении Ansys Fluent построены поля скоростей во всех предлагаемых конструкциях. Определены профили радиальной, осевой и тангенциальной скоростей. Определена эффективность и концентрационное распределение частиц в аппарате. В работе [4] представлена новая конструкция циклона, названная авторами усовершенствованным циклоном с разделенным потоком (ECSF). Конструкция включает в себя байпасный поток и нижний поток для устранения или подавления локализованного вторичного потока, наблюдаемого в обычных циклонах. Настоящее исследование направлено на изучение механизма подавления локализованного вторичного потока с помощью ECSF и изучение методов регулирования скорости придонного потока. Турбулентные характеристики внутри ECSF моделируются с использованием модели напряжений Рейнольдса, а траектория частиц прогнозируется с использованием модели дискретной фазы для определения эффективности разделения. Точность имитационной модели подтверждена экспериментальной проверкой. Исследование показало, что полная эффективность разделения ECSF для частиц 10 мкм и 2,5 мкм составляет выше 90 % и 70 % соответственно. Более того, аппарат демонстрировал тенденцию к увеличению эффективности с ростом коэффициента полного разделения и в конечном итоге стабилизировался на уровне примерно 95 % и 77 % соответственно. Обходной поток и нижний поток эффективно устраняли или подавляли явление верхнего зольного кольца и вихревого ядра обработки (ПВХ) соответственно. Однако усиление явления «короткого замыкания» препятствовало дальнейшему повышению эффективности сепарации за пределами полного коэффициента отвода, равного 20%.

Авторами в работе [5] исследуется влияние различных конфигураций конструкций погружных опор и пылесборников на производительность циклонного сепаратора. Для сравнительного анализа была использована конструкция пылесборной камеры с перевернутым конусом, которая, как утверждается, имеет наиболее высокую эффективность улавливания. Было разработано шесть моделей с различным соотношением размеров пылесборной камеры к корпусу циклона при сохранении постоянной общей высоты. В работе проведено нестационарное моделирование с использованием модели RSM и подхода Эйлера-Лагранжа для анализа динамики потока и поведения движения частиц в циклонных сепараторах.

Таким образом, при моделировании гидродинамических процессов часто прибегают к использованию численных методов, которые хорошо зарекомендовали себя для решения подобных задач.

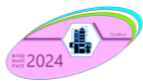
Обзор моделей турбулентности. Построение численной модели в программном комплексе не обходится без выбора модели турбулентности. Существует четыре основных метода моделирования турбулентности, которые можно расположить в порядке уменьшения точности моделирования, но вместе с этим и с уменьшением требуемых вычислительных ресурсов:

1. DNS (Direct Numerical Simulation) – является по большей части не моделью турбулентности, а подходом к моделированию течения.

2. LES (Large Eddy Simulation). Идея метода заключается в том, что большие масштабы турбулентности рассчитываются явно, а эффекты более мелких вихрей моделируются с использованием правил подсеточного замыкания. К этому методу можно отнести модель турбулентности Смагоринского.

3. DES (Detached Eddy Simulation). Объединение вихреразрешающей и осредненной по Рейнольдсу моделей (необходимо в тех случаях когда масштаб вихрей заведомо меньше пространственного шага модели в некоторой подобласти, например вблизи твердых границ). Показывает неплохие результаты в инженерных расчетах при умеренных значениях критерия Re.

4. RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes) – наиболее распространенный в силу своей нетребовательности подход, при использовании которого рассчитываются только



осредненные поля переменных. Существуют как простые алгебраические модели (типа пути смешения Прандтля), так и более сложные (типа $k-\epsilon$, SST и др.).

Группа RANS моделей турбулентности показывает наименьшую точность при моделировании течений, но при этом предъявляет наименьшие требования к вычислительным мощностям и позволяет в течении нескольких десятком минут получать достаточно подробные результаты. Опишем наиболее известные RANS модели.

"Standard" $k-\epsilon$ модель. Простая двухпараметрическая модель турбулентности, в которой решаются два уравнения переноса определяющие турбулентную скорость и масштаб длины. Ошибкоустойчивость, экономичность, и разумная точность для широкого диапазона турбулентных потоков делает ее наиболее применимой в промышленных задачах. Постоянные коэффициенты для этой модели турбулентности получены опытным путем и поэтому она является полуэмпирической. На базе стандартной $k-\epsilon$ с учетом ее недостатков были созданы "RNG" $k-\epsilon$ модель и "Realizable" $k-\epsilon$ модели.

"RNG" $k-\epsilon$ модель была разработана на основе строгих статистических методов (renormalization group theory). Она аналогична стандартной $k-\epsilon$ модели, но имеет ряд существенных отличий:

1. Дополнительное условие в уравнении скорости турбулентной диссипации улучшает точность решения высоконапряженных потоков.

2. Дополнительный параметр, учитывающий циркуляцию турбулентности, улучшает точность расчета течений с закруткой потока.

3. "RNG" теория предлагает аналитическую формулу турбулентных чисел Прандтля, в то время, как в стандартной $k-\epsilon$ модели данный параметр является константой.

4. В то время, как стандартная $k-\epsilon$ модель является высокорейнольдсовой моделью, RNG теория предоставляет полученную аналитическим путем дифференциальную формулу эффективной вязкости, что более приемливо при расчете низкорейнольдсовых течений. Но стоит отметить, что данная формула работает при качественном сеточном разрешении в области пограничного слоя.

"Realizable" $k-\epsilon$ модель. Данная модель была относительно недавно разработана и отличается от стандартной $k-\epsilon$ модели:

1. Улучшенная форма записи турбулентной вязкости.

2. Новое уравнение переноса скорости диссипации получено из точного уравнения переноса среднеквадратичного пульсационного вихря.

Термин "Realizable" означает, что модель разрешает некоторые математические ограничения Рейнольдсовых напряжений, которые имеют место в турбулентных течениях. Непосредственное преимущество "Realizable" $k-\epsilon$ модели состоит в том, что она более точно предсказывает распределение диссипации плоских и круглых струй. Это также вероятно обеспечит более лучшее предсказание вращающихся потоков, пограничных слоев подверженных сильным градиентам давления, отрывных течений и рециркуляционных течений. Обе модели "Realizable" и "RNG" $k-\epsilon$ показывают существенное преимущество перед стандартной $k-\epsilon$ моделью турбулентности для искривленных, вихревых и вращающихся потоков.

Стандартная $k-\omega$ модель основана на модели, которая адаптирована для расчета течений с низким числом Рейнольдса, сжимаемости и течений с отрывом пограничного слоя. Показывает отличные результаты расчета пристеночных слоев и потоков с низким числом Re. Разновидностью стандартной $k-\omega$ модели является SST $k-\omega$ модель.

Модель переноса касательных напряжений "SST". Модель имеет англоязычную аббревиатуру "SST" (Shear-Stress Transport), является разновидностью стандартной $k-\omega$ модели и была разработана Ментером. Эффективно сочетает устойчивость и точность стандартной $k-\omega$ модели в пристеночных областях и $k-\epsilon$ модели на удалении от стенок, для этого $k-\epsilon$ модель была конвертирована в $k-\omega$ модель. "SST" $k-\omega$ модель имеет следующие особенности по сравнению со стандартной $k-\omega$ моделью:

1. Стандартная k- ω модель и преобразованная k- ϵ модель объединяются специальной функцией и обе добавлены в представленную модель. Специальная функция в пристеночной области принимает значение единицы, активизируя стандартную k- ω модель, а на удалении от стенки принимает значение нуля, активизируя преобразованную k- ϵ модель.

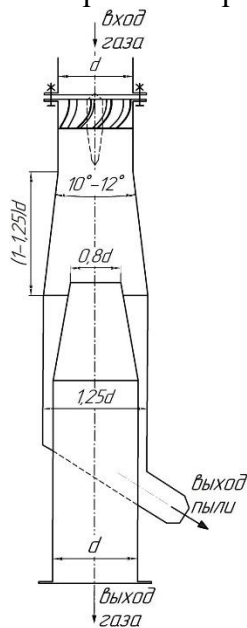
2. Определение турбулентной вязкости модифицировано для представления уравнения переноса касательных напряжений.

3. Отличаются константы моделей турбулентности.

Эти особенности делают SST k- ω модель более точной и надежной для широкого класса потоков (т.е., потоков подверженных градиентам давления, обтекание профилей, околосвуковые ударные волна), чем в случае стандартной k- ω модели.

Численное моделирование прямоточного циклона

Проведено моделирование течения газа в прямоточном циклоне новой запатентованной [6] конструкции (рис. 1). Использовались две компоновки со стабилизатором двух различных форм и диаметров (рис. 2 а,б) Диаметр аппарата – 150 мм. Диаметр стабилизатора завихрителя на рисунке 2а – 30 мм, на рисунке 2б – 100 мм.



**Рисунок 1. Схема
прямоточного циклона**

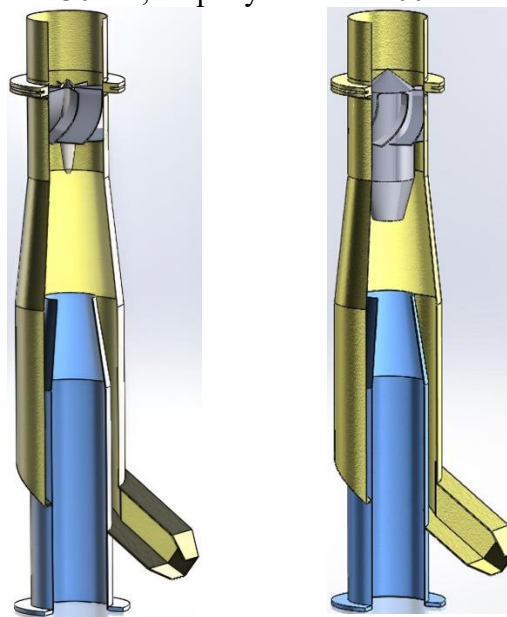


Рисунок 2. Компоновки прямоточного циклона

При генерации расчётной сетки учитывались особенности геометрии разделительной камеры аппарата. Так, если на входную и выходную части аппарата приходилось по 20 ячеек на диаметр, то ячейки в камере разделения, как в основной части аппарата, дробились еще раз, и поток в камере описывало уже 40 ячеек на диаметр. Сетка потока представлена на рисунке 3.

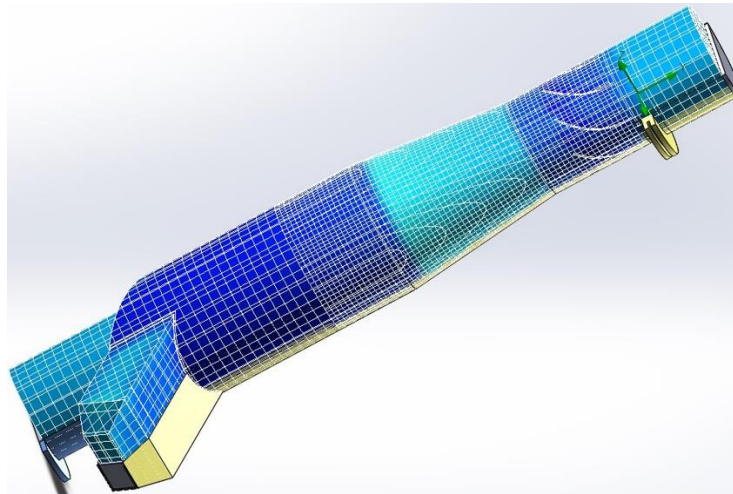


Рисунок 3. Сетка потока в аппарате

Основным элементом внутренней геометрии разделительной камеры циклона, является стабилизатор, который расположен непосредственно за завихрителем. Его назначение состоит в максимальном демпфировании потока, устранении вихреобразований, вызванных срывом потока с лопастей, а также уменьшении турбулентного «следа» после завихрителя. На рисунке показаны проекции линий тока на плоскость, проходящую через ось циклона. Число Re , рассчитанное по диаметру трубопровода, при скорости 12 м/с составляло значение 110000. Рисунок 3 а,б дает достаточно полное представление о характере движения газа в разделительной камере с данной геометрией. В первом случае область течения делится на две зоны, в которых гидродинамическая картина совершенно различна. В периферийной зоне закрученный поток газа движется строго вдоль стенки камеры с высокими скоростями. В центральной зоне формируется турбулентный «след», в котором генерируются обширные продольные циркуляции газа. Во втором случае поток газа ровно обтекает стабилизатор завихрителя, а турбулентный след уходит в патрубок для выхода очищенного газа, не увлекая в него частицы пыли. При моделировании использовалась SST $k-\omega$ модель турбулентности.

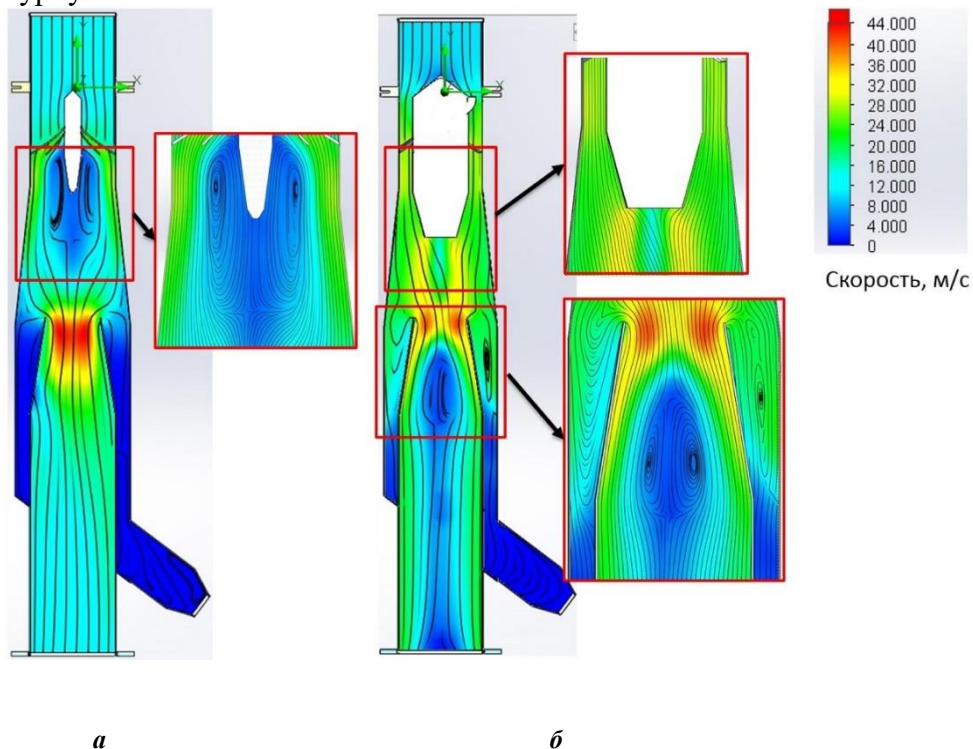


Рисунок 3. Поля скоростей газа в аппарате

На рисунке 4 а,б представлены траектории потока газа в циклоне, показывающие его структуру в обоих случаях. На рисунке хорошо видно, что поток имеет закрученную структуру, благодаря которой создаётся центробежная сила, отводящая частицы пыли к стенкам, и, затем, в камеру для её сбора. Кроме того, в первом случае при использовании обычного стабилизатора завихрителя наблюдается значительно большая турбулентность. Сразу после прохождения завихрителя структура потока нарушается, что приводит к захвату частиц турбулентными вихрями и последующему их уносу в выходной патрубок.

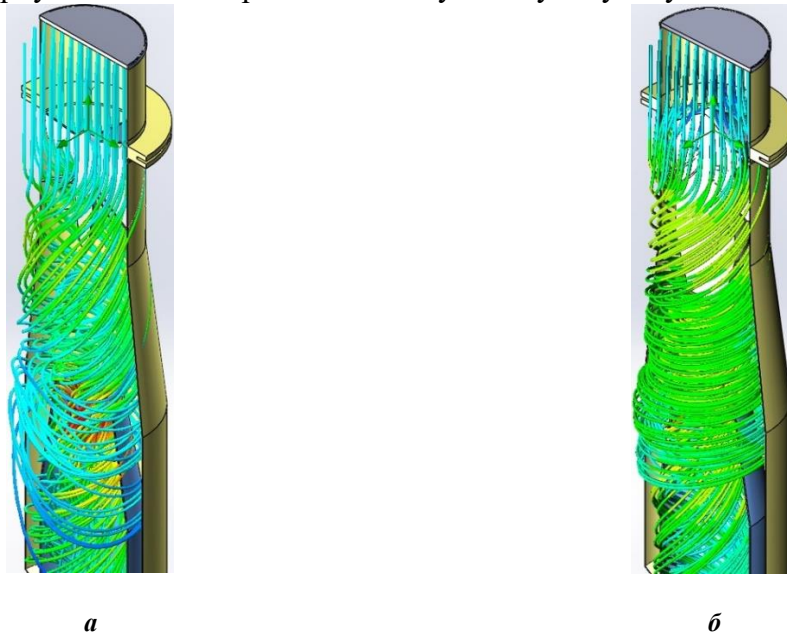


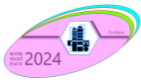
Рисунок 4. Структура потока газа в аппарате

Выводы. Проведённое численное моделирование показало, что компоновка прямооточного циклона с удлинённым стабилизатором большего диаметра создаёт менее турбулентное течение газа в разделительной камере. Турбулентный след стабилизатора в таком случае уходит в патрубок для выхода газа и не оказывает негативного влияния на эффективность аппарата.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 21-79-30029).

REFERENCES

1. Chesnokov Y., Likhachev I., Flisyuk O., Martsulevich N., Meshalkin V., Garabadzhiu A. Calculation of the Flow Hydrodynamics in Reverse-Flow Cyclones Using the Flow Vision Software Package. Russian Journal of General Chemistry. 2023. V. 93. P. 711-714. DOI: 10.1134/S107036322303026X
2. Sebastian D., Jerzy M., Tadeusz D., Michał T. Numerical studies of an axial flow cyclone with ongoing removal of separated dust by suction from the settling tank. Chemical Engineering Research and Design. V. 208. P. 29-51. 2024. DOI: 10.1016/j.cherd.2024.05.044
3. Zihui Z., Shijun Y., Sijie D., Kejun D., Yumeng Z., Bo W. Study of the short-circuit flow and circulation flow's impact on separation performance of cyclone separator with volute-helical inlet. Advanced Powder Technology, V. 35, I. 1. 2024. 104281. DOI: 10.1016/j.apt.2023.104281.
4. Yuanbo Z., Tao S., Long N. Numerical simulation investigating the impact of regulated underflow rate on the performance of a cyclone with split flow. Separation and Purification Technology. Volume 345. 2024. 127312. DOI: 10.1016/j.seppur.2024.127312.
5. YinHui S., GuoGang Y., Qiuwan S., Shian L., Xiaoxing Y., Guoling Z., Zhonghua S. Numerical analysis of cyclone separators with unique Dipleg structures at different Dipleg-to-dustbin ratios. Powder Technology. V. 443. 2024. 119904. DOI: 10.1016/j.powtec.2024.119904.



6. Flisyuk O.M.; Toptalov V.S.; Martsulevich N.A.; Muratov O.V. Direct-flow cyclone. Pat. 195672U1 RU 2020

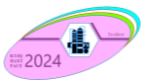
МЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ СТЕКЛОПЛАСТИКА MECHANICAL PROCESSING OF REINFORCED GLASS PLASTIC WASTE

Федарович Е.Г.¹, Левданский А.Э.²

¹Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: zhenya.fedorovich.1999@mail.ru.
orcid. 0000-0002-2137-1260, тел: + 375295618241

²Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: alex_levdansky@mail.ru.
orcid. 0000-0003-2684-7771, тел: +375336007709

Аннотация. В статье рассмотрена возможность механической переработки отходов стеклопластика с целью получения вторичных материалов. Обоснована актуальность и целесообразность проведения исследований в области переработки отходов стеклопластика, с целью уменьшения их негативного воздействия на окружающую среду. Установлено, что наиболее перспективным и экологически безопасным методом переработки отходов стеклопластиков является механический метод. Разработана и сконструирована лабораторная экспериментальная установка исследования процесса механической переработки отходов стеклопластика. Описана методика проведения исследований. Проведены экспериментальные исследования по определению влияния технологических параметров процесса измельчения отходов стеклопластика в ударно-центробежной мельнице на гранулометрический состав продуктов измельчения. Построена графическая зависимость влияния частоты вращения ротора ударно-центробежной мельницы на гранулометрический состав продуктов измельчения и на количество недоизмельченного материала. На основании геометрических размеров недоизмельченного материала сделан вывод о механизме разрушения отходов стеклопластика в ударно-центробежной мельнице. Дана краткая характеристика фракций, образующихся при рассеивании продуктов измельчения отходов стеклопластика на ситах. Определены недостатки механической классификации волокнистого материала. Сделан вывод о возможности использования механического способа переработки отходов стеклопластика в ударно-центробежной мельнице для получения вторичных материалов.



Ключевые слова: стеклопластик, полимерная матрица, волокно, механическая переработка, ударно-центробежная мельница, механическая классификация.

Abstract. The article considers the possibility of mechanical processing of fiberglass waste in order to obtain secondary materials. The relevance and feasibility of conducting research in the field of fiberglass waste processing in order to reduce their negative impact on the environment are substantiated. It is established that the most promising and environmentally friendly method of fiberglass waste processing is the mechanical method. A laboratory experimental setup for studying the process of mechanical processing of fiberglass waste has been developed and designed. The research methodology is described. Experimental studies have been conducted to determine the effect of technological parameters of the fiberglass waste grinding process in an impact-centrifugal mill on the granulometric composition of the grinding products. A graphical dependence of the effect of the rotor speed of the impact-centrifugal mill on the granulometric composition of the grinding products and on the amount of undercrushed material has been constructed. Based on the geometric dimensions of the undercrushed material, a conclusion has been made about the mechanism of destruction of fiberglass waste in an impact-centrifugal mill. A brief description of the fractions formed during the screening of the products of grinding fiberglass waste on sieves is given. The shortcomings of the mechanical classification of fibrous material are determined. A conclusion is made about the possibility of using a mechanical method of processing fiberglass waste in an impact-centrifugal mill to obtain secondary materials.

Keywords: fiberglass, polymer matrix, fiber, mechanical processing, impact-centrifugal mill, mechanical classification.

Введение. Полимерные композиционные материалы (ПКМ) представляют собой гетерогенную структуру состоящую в основном из армирующих элементов и полимерной матрицы. ПКМ обладают уникальными свойствами, сочетают высокую прочность с относительно небольшой плотностью, низкую теплопроводность, теплостойкость, стойкость к химическому и биологическому воздействию, благодаря чему используются во многих отраслях промышленности [1,2].

В настоящее время наблюдается непрерывный рост мирового рынка ПКМ. Его объем, по разным оценкам в 2019 году составил 12,0 млн. т в натуральном выражении. При этом, около 90 % волокнистых композитов, выпускаемых в мире, приходится на стеклопластики [2,3].

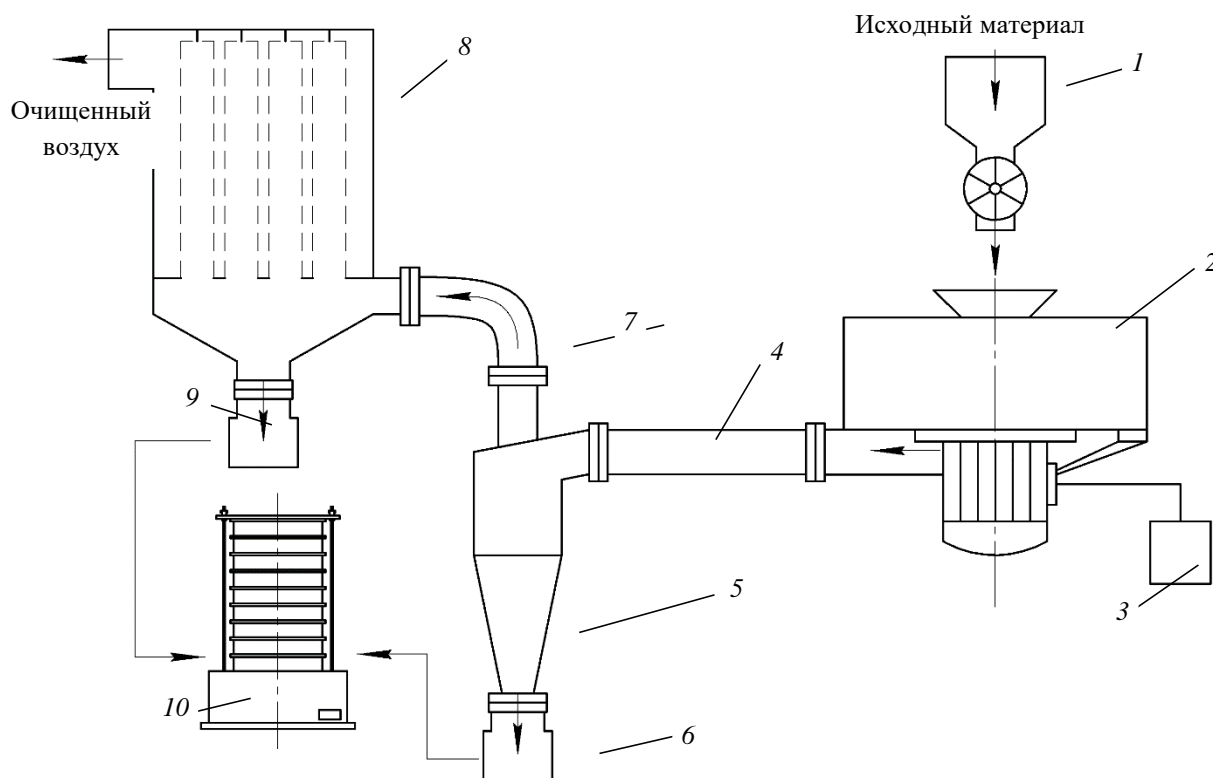
Серьезной проблемой объемного производства и применения ПКМ, в частности стеклопластиков, является их утилизация. С учетом специфических свойств ПКМ таких как стойкость к внешним воздействиям окружающей среды, проблема их утилизации носит, прежде всего, экологический характер [4]. Кроме того, государственное законодательство многих стран формирует поведение общества стимулируя темпы переработки отходов и сводя к минимуму использование свалок.

Основной путь решения проблемы утилизации стеклопластиков – вторичная переработка, которая позволяет получать из образующихся отходов дополнительные вторичные материалы для различных отраслей промышленности, тем самым предотвращая загрязнение окружающей среды [5]. Наиболее перспективным и экологически безопасным методом переработки стеклопластиков является механический метод. К достоинствам данного метода можно отнести его универсальность, отсутствие негативного влияния на окружающую среду, простота и доступность, а также возможность осуществлять непрерывную переработку отходов в больших объемах. Однако, данный метод не лишен недостатков, основным из которых является снижение прочностных свойств волокон после переработки, в сравнении с первичным материалом. В результате, важной задачей является поиск технологических и конструктивных параметров измельчающего оборудования стеклопластиков, с целью получения вторичных материалов приемлемого качества для их использования в различных отраслях промышленности.

Методы исследования и полученные результаты.

Механической переработке подвергались отходы производства стеклопластиковых изделий полученные на предприятии ООО «Полоцк-Стекловолокно». Отходы представляли собой куски хаотически армированного коротким волокном стеклопластика с размером 240×90×(2–3) мм, состоящего из связующего на основе полиэфирной смолы Депол С-180 ПТ (60–63 %) (рисунок 2а).

Исследования осуществлялись на лабораторной экспериментальной установке, представленной на рисунке 1.



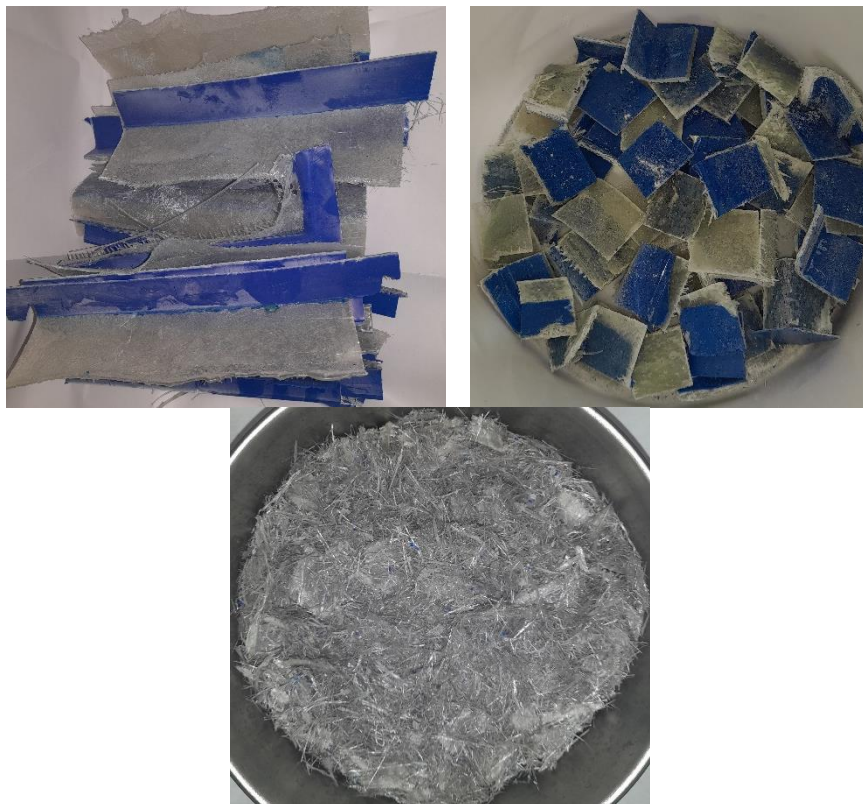
1 – питатель; *2* – ударно-центробежная мельница; *3* – частотный преобразователь; *4, 7* – трубопроводы; *5* – циклон; *6* – емкость сбора продуктов измельчения; *8* – рукавный фильтр; *9* – емкость сбора пыли; *10* – ситовой анализатор

Рисунок 1 – Экспериментальная установка исследования процесса механической переработки отходов стеклопластика

Экспериментальная установка состоит из питателя *1*, ударно-центробежной мельницы *2*, частотного преобразователя *3*. Посредством трубопровода *4*, к ударно-центробежной мельнице *2* подсоединен циклон *5* с емкостью сбора продуктов измельчения *6*. К циклону *5*, при помощи трубопровода *7*, подсоединен рукавный фильтр *8* с емкостью сбора пыли *9*. Для проведения ситового анализа продуктов измельчения в установке имеется ситовой анализатор *10*.

Исследования осуществлялись следующим образом. Исходный материал подвергался первоначальной ручной резке до более мелких кусков с размерами $30 \times 30 \times (2-3)$ мм (рисунок 2б), что обосновывалось конструктивными особенностями ударно-центробежной мельницы. Далее, полученный материал, посредством питателя *1* с постоянным массовым расходом (100 кг/ч) подавался в ударно-центробежную мельницу *2*. Используя частотный преобразователь *3* в ударно-центробежной мельнице *2* задавалась различная частота вращения рабочего органа мельницы (ротора) n , об/мин: 1200, 1800, 2100, 2400, 2700 и 3000. Далее, продукты измельчения совместно с воздушным потоком, по трубопроводу *4* направлялись в циклон *5*, где происходило их разделение. Извлеченные из воздушного потока продукты измельчения поступали в емкость *6*. Воздушный поток, после циклона *5*, по трубопроводу *7* поступал на дополнительную стадию фильтрования в рукавный фильтр *8*, после чего выделенные мелкие частицы поступали в емкость *9*. Полученные продукты измельчения отходов стеклопластика, из емкостей *6* и *9* с целью отсева на фракции, помещали в ситовой анализатор *10* марки Retsch AS 200 с комплектом сит, мм: 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,063.

В результате проведения экспериментальных исследований механической переработки отходов стеклопластика в разработанной экспериментальной установке, с последующим сеевом на ситах, было получено три основных фракции: крупная, состоящая из недоизмельченных кусков стеклопластика, которые в последствии нуждаются в повторной переработке (рисунок 3а); средняя фракция (остаток на сите 4 мм) – состоящая преимущественно из волокнистого материала с размером волокон от 7 до 25 мм (рисунок 2в); мелкая фракция (прошедшая через сито 4 мм) – представляет собой порошок, состоящий из измельченного стекловолокна и частиц полимерной матрицы.

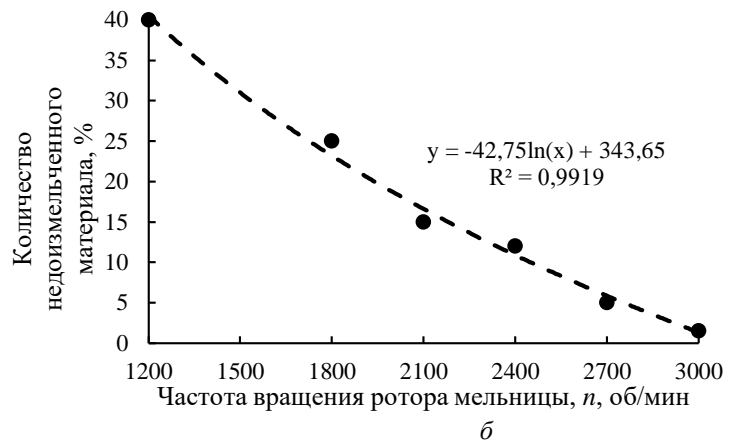


а *б* *в*
а – отходы стеклопластика; *б* – отходы стеклопластика после ручной резки;
в – остаток на сите 4 мм после механической переработки при $n = 2400$ об/мин
Рисунок 2 – Стадии механической переработки отходов стеклопластика

На рисунке 3 представлена графическая зависимость влияния частоты вращения ротора на выход крупной фракции.

Установлено, что увеличение частоты вращения ротора ударно-центробежной мельницы способствует более полному измельчению отходов стеклопластика. При $n = 1200$ об/мин, количество недоизмельченного материала составляет 40,0 %, при 2100 об/мин – 15,0 %, 3000 об/мин соответственно 1,5 %. Полученную зависимость, приближенно можно представить в виде уравнения логарифмической кривой, представленной на рисунке 3б, что позволяет прогнозировать результаты измельчения с разностью с экспериментальными данными не более чем в 11,0 %.

Также, необходимо обратить внимание на вид недоизмельченных кусков стеклопластика (рисунок 3а), они имеют эллиптическую форму. Данный вид недоизмельченных кусков может говорить о том, что основной механизм разрушения стеклопластика в ударно-центробежной мельнице заключается в постепенном разрушении наружных кромок хрупкого терморезистивного полимера с каждым последующим ударом об отбойную поверхность с высвобождением волокон.



a – недоизмельченные отходы стеклопластика; *б* – влияние частоты вращения ротора на количество недоизмельченного материала

Рисунок 3 – Влияние частоты вращения ротора на количество недоизмельченного материала

На рисунке 4 представлен результат ситового анализа продуктов механической переработки отходов стеклопластика за вычетом недоизмельченного материала.

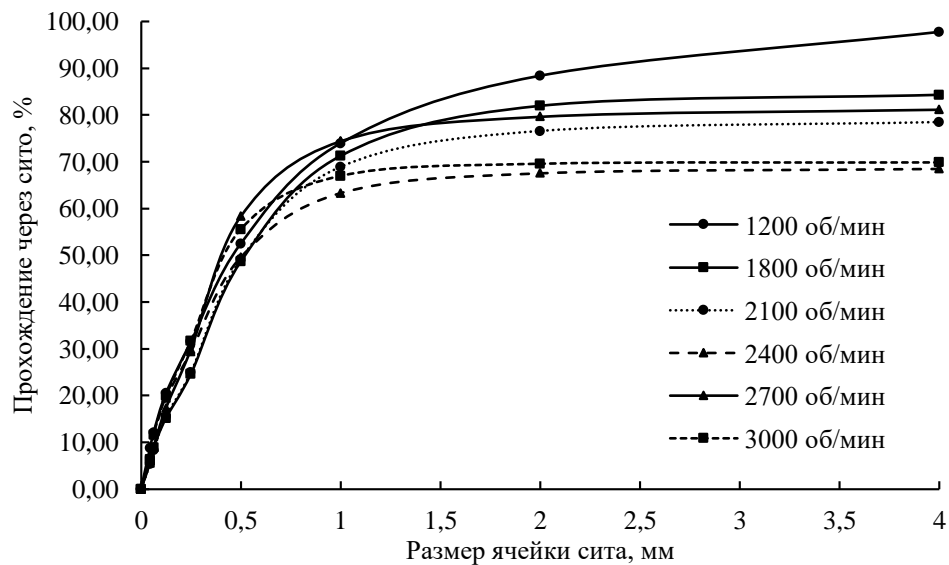


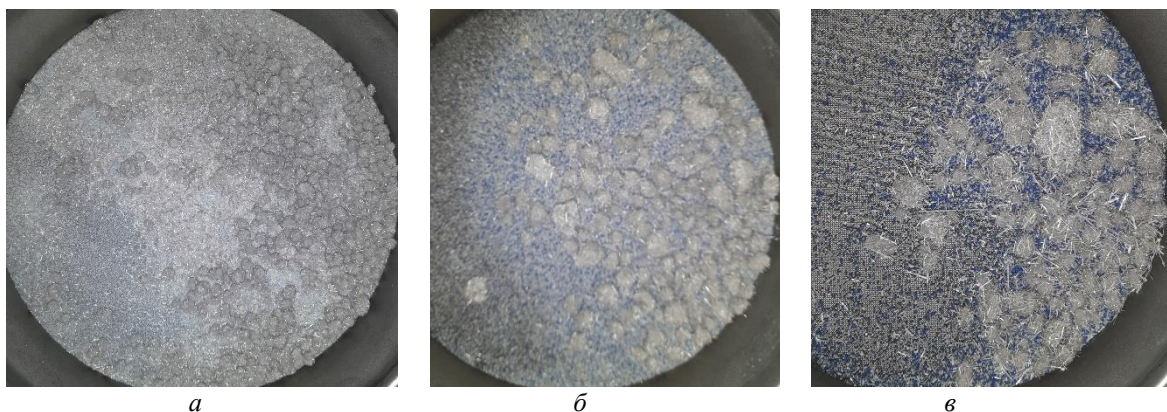
Рисунок 4 – Ситовой анализ продуктов механической переработки отходов стеклопластика

Установлено, что количество волокнистой фракции в продуктах механической переработки отходов стеклопластика напрямую зависит от частоты вращения рабочего органа мельницы. При минимальной частоте вращения ротора ($n = 1200$ об/мин), количество волокнистой фракции (остаток на сите 4 мм) составило всего 2,26 %. При этом, данная фракция представляет собой преимущественно пучки волокон, соединенных между собой неизмельченной полимерной матрицей. При увеличении частоты вращения до 2400 об/мин наблюдается постепенное увеличение количества волокнистой фракции. Количество волокон скрепленных полимерной матрицей уменьшается, о чем говорит уменьшение плотности распущенного волокна. Увеличение количества выделенного волокна из полимерной матрицы объясняется тем, что энергия удара отходов стеклопластика, происходящего в ударно-центробежной мельнице об отбойную поверхность, превышает энергию хрупкого разрушения матричного полимера, но не достаточна для разрушения волокна. Следовательно, чем больше энергия удара в мельнице, тем больше выделяется волокон, при условии, что кинетическая энергия удара не превышает удельную энергию разрушения волокна. При это, при n равному 2700 и 3000 об/мин наблюдается уменьшение количества волокнистой фракции, что, как было сказано

ранее, может быть связано с превышением кинетической энергии удара выше удельной энергии разрушения волокна.

Необходимо отметить, что в процессе классификации волокнистого материала на сите 4 мм, волокна скрепляются между собой и образуют на поверхности сита сплошной мат, в котором задерживаются частицы полимерной матрицы, тем самым снижая общее количество стекловолокна в волокнистой фракции. Также, в полученной фракции присутствуют волокна различной длины, что практически невозможно предотвратить при механической классификации.

В процессе классификации продуктов измельчения на ситах с отверстиями меньшего размера, происходит образование «пушистых комков» (рисунок 5), которые содержат в себе мелкие волокна и частицы измельченной полимерной смолы, которые в противном случае были бы классифицированы по последующим ситам с меньшим диаметром отверстий. По мере того, как они накапливаются на поверхности сит, они предотвращают прохождение дальнейших волокон и частиц через поверхность сита [6]. При увеличении частоты вращения ротора до 2700 и 3000 об/мин наблюдается увеличения их количества на ситах с размером ячейки 0,045 – 0,5 мм, что говорит об увеличении количества более мелкого измельченного волокна.



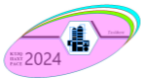
a – остаток на сите с размером ячейки 0,063 мм; *б* – остаток на сите с размером ячейки 0,25 мм; *в* – остаток на сите с размером ячейки 0,5 мм

Рисунок 5 – Образование «пушистых комков» при классификации продуктов измельчения стеклопластика

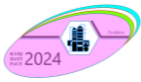
Заключение. В результате проведения экспериментальных исследований установлено, что метод механической переработки стеклопластика с использованием в качестве измельчающего оборудования ударно-центробежной мельницы позволяет выделить из отходов стекловолокно, которое в дальнейшем может быть использовано в качестве армирующего компонента в новых изделиях. Установлено, что при частоте вращения ротора 2400 об/мин наблюдаются наиболее рациональные параметры процесса измельчения стеклопластика с наибольшим выходом волокнистой фракции. При меньших значениях частоты вращения ротора, в волокнистой фракции преобладают пучки волокон, скрепленных между собой неизмельченной полимерной матрицей, при больших значениях происходит измельчение волокон. Выявлено, что механическая классификация продуктов измельчения стеклопластика имеет ряд недостатков, негативно влияющих на качество волокнистой фракции, что говорит о необходимости проведения ряда дополнительных исследований в данном направлении.

Список литературы

1. Каблов, Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. 2015. – №1 (34). – С. 3–33.



2. Дориомедов, М.С. Российский и мировой рынок полимерных композитов (обзор) // Труды ВИАМ. – 2020. – № 6-7 (89). – С. 29-37
3. Жихарев, М. В. Оценка прочности высоконагруженных пластин из композитных материалов при локальном ударном воздействии/ дисс... канд. техн. наук, Челябинск, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский гос. ун-т, 2019. – 125 с.
4. Донецкий, К.И., Хрульков А.В. Принципы «зеленой химии» в перспективных технологиях изготовления изделий из ПКМ // Авиационные материалы и технологии. – 2014. – №S2. – С. 24–28.
5. Петров, А.В., Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды ВИАМ. – 2015. – №8. – С. 62–73.
6. Jutte, R.B. and W.D. Graham, Recycling SMC scrap as a reinforcement, in *Plastics Engineering*. 1991. p. 13-16.



ГИДРОДИНАМИКА ЖИДКОСТИ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ФОРСУНКАХ FLUID DYNAMICS IN CENTRIFUGAL NOZZLES

Мытько Дмитрий Юрьевич¹, Францкевич Виталий Станиславович²,
Нурмухамедов Хабибулла Сагдуллаевич³, Ян Ян⁴

¹Белорусский государственный технологический университет, Минск
Беларусь, e-mail: dmitriimitko26@gmail.com
orcid.0000-0002-9816-2539

²Белорусский государственный технологический университет, Минск
Беларусь, e-mail: fvs2@tut.by
orcid.0000-0002-4126-88509

³Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент
Узбекистан, e-mail: haasbek1952@gmail.com
orcid.0000-0002-2868-31447

⁴Белорусский государственный технологический университет, Минск

Аннотация. В представленной работе проведено исследование гидродинамических характеристик жидкости в центробежных форсунках. Авторы рассматривали форсунки с различным числом выходных каналов (один и четыре) при использовании воды в различных режимах работы. Центробежные форсунки широко применяются в авиации, энергетике, химическом производстве, сельском хозяйстве и других отраслях для распыления жидкостей в целях охлаждения, нанесения покрытий, распыления и решения многих других технологических задач. В отличие от пневматических форсунок, центробежные форсунки основаны на принципе закручивания жидкости, что позволяет получать более тонкий и равномерный спектр капель. Ключевыми характеристиками центробежных форсунок, определяющими их эффективность, являются размер и скорость капель, угол распыления и расход. Эти параметры существенно зависят от конструктивных особенностей форсунки, включая количество и угол наклона выходных каналов, размер сопла, частоту вращения и свойства используемой жидкости. Результаты проведенного исследования показали, что конструктивные особенности форсунок, такие как количество каналов и угол их наклона, оказывают значительное влияние на угол факела распыла. Полученные данные расширяют понимание физических процессов, протекающих в центробежных форсунках, и могут быть использованы для их более эффективного проектирования и внедрения в различных отраслях промышленности.

Annotation: The presented work studies the hydrodynamic characteristics of liquid in centrifugal nozzles. The authors considered nozzles with different numbers of outlet channels (one and four) when using water in different operating modes. Centrifugal nozzles are widely used in aviation, energy, chemical production, agriculture and other industries for spraying liquids for cooling, coating, spraying and solving many other technological problems. Unlike pneumatic nozzles, centrifugal nozzles are based on the principle of swirling the liquid, which allows you to get a thinner and more uniform spectrum of drops. The key characteristics of centrifugal nozzles that determine their efficiency are the size and velocity of the drops, the spray angle and the flow rate. These parameters significantly depend on the design features of the nozzle, including the number and angle of the outlet channels, the nozzle size, the rotation frequency and the properties of the liquid used. The results of the study showed that the design features of the nozzles, such as the number of channels and their angle of inclination, have a significant impact on the spray torch angle. The data obtained expand the understanding of the physical processes occurring in centrifugal nozzles and can be used for their more effective design and implementation in various industries.

Ключевые слова: химическая промышленность, центробежная форсунка, завихритель, гидродинамика, угол факела распыла, тангенциальная скорость.

Keywords: chemical industry, centrifugal nozzle, swirl, hydrodynamics, spray angle, tangential velocity.

Введение. Центробежные форсунки широко используются в различных отраслях промышленности, включая авиацию, энергетическую, химическое производство и сельское хозяйство. Они применяются для распыления жидкостей с целью охлаждения, нанесения покрытий, распыления и многих других задач. В отличие от традиционных щелевых или

пневматических форсунок, центробежные форсунки основаны на принципе вращения жидкости, что позволяет получать более тонкий и равномерный спектр капель.

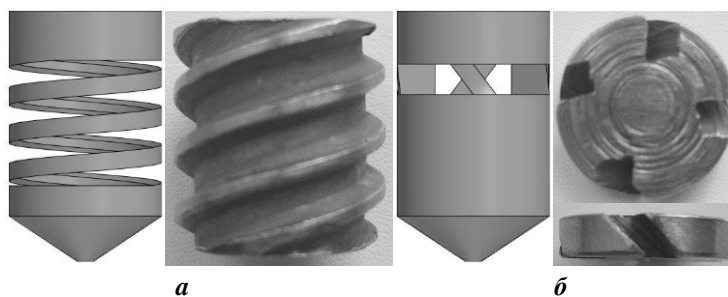
Характеристики распыления, такие как размер и скорость капель, угол распыления и расход, являются ключевыми параметрами, определяющими эффективность центробежных форсунок в различных технологических процессах. Эти характеристики в значительной степени зависят от конструктивных особенностей форсунки, включая размер сопла, частоту вращения и свойства используемой жидкости.

Существует обширная литература, посвященная экспериментальному и теоретическому изучению работы центробежных форсунок [1, 2]. Однако многие аспекты их поведения, особенно при использовании неньютоновских жидкостей, до сих пор не изучены в достаточной мере. Кроме того, большинство предыдущих исследований было сосредоточено на стационарных режимах работы форсунок, в то время как практически отсутствуют данные об их поведении при переходных процессах, таких как запуск или остановка.

Таким образом, целью данной работы является теоретическое исследование гидродинамических характеристик жидкости в центробежных. Полученные результаты позволят расширить понимание физических процессов, протекающих в центробежных форсунках, и будут способствовать их более эффективному проектированию и применению в промышленности.

Методы исследования и полученные результаты. В данной работе рассматриваются два варианта центробежных форсунок, которые представлены на рисунке 1. Первая модель (рисунок 1 а) имеет продолговатый завихритель с одним каналом, который выточен на поверхности под углом $\alpha = 6^\circ$ к основанию. Вторая модель (рисунок 1 б) имеет четыре канала с углом $\alpha = 54^\circ$. Дополнительно подготовлены идентичные модели с просверленным центральным отверстием через весь завихритель форсунки равным $d = 2$ мм.

Исследование гидродинамики воды в центробежных форсунках выполнялось в программном пакете ANSYS Fluent, который предназначен для моделирования и анализа широкого спектра задач, связанных с течением жидкостей и газов, а также сопутствующими физическими процессами.



а – с одним каналом; б – с четырьмя каналами
Рисунок 1 – Центробежные форсунки

Описанные выше модели были использованы для создания высококачественных расчетных сеток в программном комплексе ANSYS. Количество элементов варьировалось в пределах 500000-600000 штук. Каждый элемент сетки представлял полиэдр – произвольный многогранник.

Для моделирование турбулентного течения возникающего при движении жидкости в каналах завихрителя центробежной форсунки использовалась модель $k-\varepsilon$ RNG (Renormalization Group). Эта модель основана на уравнениях Рейнольдса для осредненных по Рейнольдсу переменных (RANS – Reynolds Averaged Navier-Stokes). В ней используется два дополнительных уравнения переноса для моделирования турбулентной кинетической энергии k и скорости диссипации ε [3,4]. По сравнению с базовой $k-\varepsilon$ моделью, модель RNG учитывает влияние вихревых структур меньшего масштаба на крупномасштабную турбулентность. Включает дополнительный член в уравнение диссипации ε , который улучшает моделирование областей с высокими скоростями сдвига и вращения. Модель $k-\varepsilon$ RNG широко применяется для моделирования турбулентных течений жидкостей и газов в аэрокосмической, энергетической, автомобильной и других отраслях промышленности. Она обеспечивает хороший баланс между сложностью реализации и точностью решения.

Для моделирования гидродинамики в центробежных форсунках часто используется метод объема жидкости (Volume of Fluid, VOF). Это численный метод, который позволяет определять форму и положение свободной поверхности жидкости в многофазных потоках.

В методе VOF каждая ячейка расчетной сетки содержит объемную долю жидкости, обозначаемую как β . Значение β меняется от 0 (пустая ячейка) до 1 (ячейка полностью заполнена жидкостью).

Форма и положение свободной поверхности восстанавливаются по значениям β в соседних ячейках. Для аппроксимации производной по времени и конвективного члена используются специальные численные схемы, обеспечивающие минимальную численную диффузию.

Метод VOF применялся для моделирования различных процессов с участием многофазных потоков, включая распыление жидкостей в центробежных форсунках [5].

Нами было выполнено компьютерное моделирование движения воды через завихритель, где определялись тангенциальная скорость и угол распыления в зависимости от скорости воды на входе (0,089–0,113 м/с).

На рисунке 2 представлены контуры изменения тангенциальной скорости движения воды в центробежных форсунках при максимальной скорости 0,133 м/с.

Из рисунка 2 видно, что для центробежной форсунки без центрального отверстия максимальное значение тангенциальной скорости в восемь раз выше, чем у конструкции с дополнительным отверстием в центре завихрителя. Отсюда следует, что большая часть объема воды проходит через центральное отверстие, а ее мала часть через тангенциальные каналы завихрителя. Угол распыления воды в таком случае будет меньше у конструкции справа на рисунке 2.

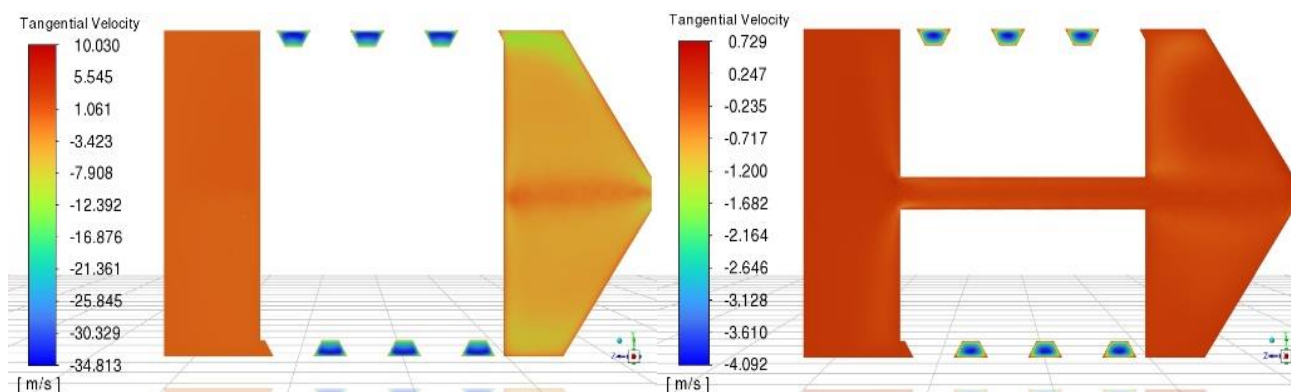


Рисунок 2 – Изменение тангенциальной скорости воды для центробежной форсунки с завихрителем с одним каналом и центральным отверстием

На рисунке 3 представлены контуры изменения тангенциальной скорости движения воды в центробежных форсунках при максимальной скорости 0,133 м/с.

Из рисунка 3 видно, что контуры изменения тангенциальной скорости не отличаются. Наличие отверстия в завихрителе уменьшает максимальное значение тангенциальной скорости на 0,4 м/с. Также стоит отметить, что по сравнению с завихрителем с одним тангенциальным каналом на рисунке 2 тангенциальная скорость меньше в 13 раз.

На рисунке 4 представлены контуры изменения угла распыления воды при различных скоростях воды на входе в центробежную форсунку с одним каналом. Моделирование этого процесса было выполнено только для одной форсунки, чтобы продемонстрировать, как увеличение расхода воды влияет на угол распыла.

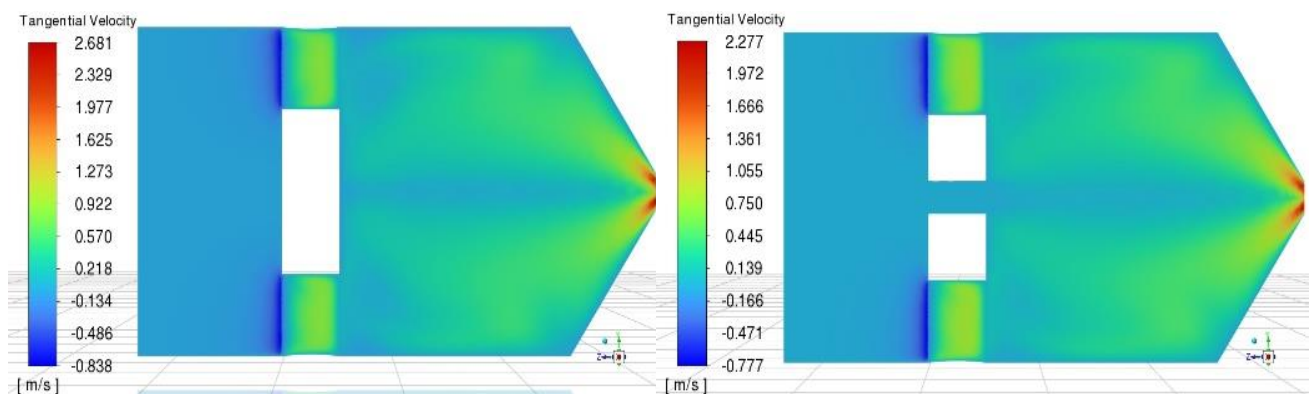


Рисунок 3 – Изменение тангенциальной скорости воды для центробежной форсунки с завихрителем с четырьмя каналами и центральным отверстием

Анализ рисунка 4 показывает, что максимальное значение угла распыления для воды, истекающей из центробежной форсунки с одним каналом, достигало 59 градусов. При этом с увеличением скорости потока на входе в форсунку, это значение угла распыления практически не менялось, оставаясь стабильным.

Данный результат можно объяснить тем, что радиальная и осевая составляющие скорости на выходе из сопла форсунки растут прямо пропорционально увеличению начальной скорости на входе в центробежную форсунку.

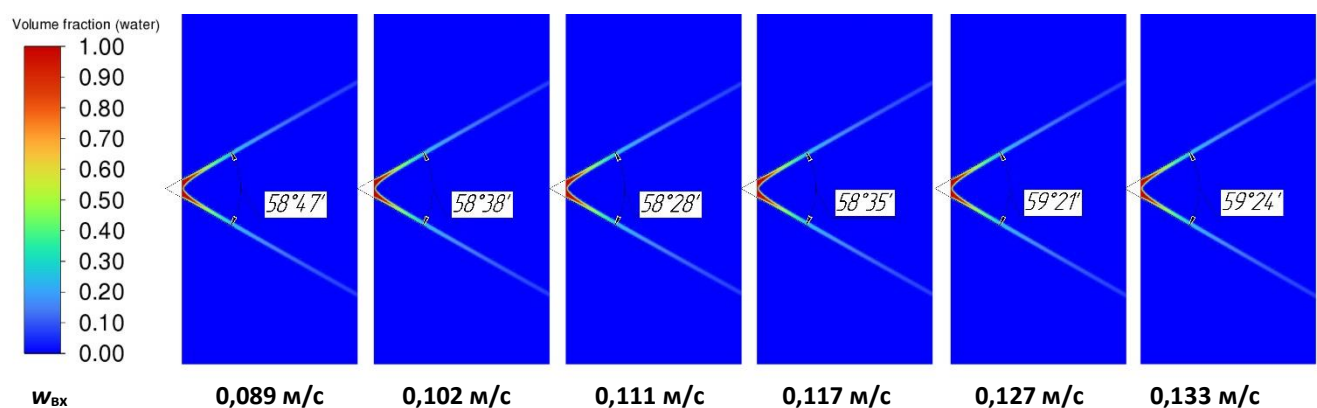
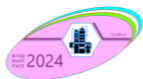


Рисунок 4 – Изменение угла распыления воды после центробежной форсунки с одним каналом без центрального отверстия



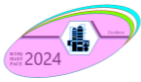
Исследование поведение угла распыления является важной характеристикой центробежных форсунок, поскольку позволяет прогнозировать и контролировать параметры распыленного потока жидкости в зависимости от режима работы форсунки.

Заклучение. В данном исследовании были проведено моделирование гидродинамических характеристик воды в центробежных форсунках в различных режимах. Были рассмотрены два варианта центробежных форсунок – с одним и четырьмя каналами.

Результаты показали, что конструктивные особенности форсунок, такие как число каналов и угол наклона, оказывают значительное влияние на угол распыления и расход. Полученные в работе данные расширяют понимание физических процессов, протекающих в центробежных форсунках, и могут быть использованы для их более эффективного проектирования и применения в различных отраслях промышленности.

Список литературы

1. Dumouchel, C. On the Experimental Investigation on Primary Atomization of Liquid Streams // Experiments in Fluids. – 2008. No. 45. P. 371–422.
2. Chinn, J.J. Atomization and Sprays: Their Generation and Role in Combustion Systems. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A // Journal of Power and Energy. – 2009. – No. 223. P. 487–527.
3. Yakhot, V., Orszag, S.A. Renormalization Group Analysis of Turbulence. // Journal of Scientific Computing. – 1986. – No. 1. P. 3–51.
4. Shih, T.H., Liou, W.W., Shabbir, A., Yang, Z., Zhu, J. A New k-ε Eddy Viscosity Model for High Reynolds Number Turbulent Flows // Computers & Fluids. – 1995. – No. 24. P. 227–238.
5. Versteeg, H.K., Malalasekera, W. An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method. – Harlow: Pearson Education Limited, 2007. – 517 p.



ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА АБСОРБЦИИ SO₂

Каримов К.Ф., Умаров Ш.А.

Ташкентский государственный технический университет

Узбекистан, e-mail: kudrat_kf@list.ru, тел. +998903251473

Ташкентский государственный технический университет

Узбекистан, e-mail: umarov4001@gmail.com, тел. +998900074001

Аннотация: в настоящей работе показана методика оценки эффективности абсорбционных установок с десорбцией компонента и ее применение на примере извлечения сернистого ангидрида из отходящих газов [1].

Ключевые слова: абсорбция, десорбция, газ, раствор, смесь, изотермический процесс, коэффициент полезного действия (КПД), эффективность, эксергия.

Annotation: this paper shows a method for assessing the efficiency of absorption plants with component desorption and its application using the example of extracting sulfur dioxide from exhaust gases.

Key words: absorption, desorption, gas, solution, mixture, isothermal process, coefficient of performance (efficiency), efficiency, exergy.

Введение. Области применения абсорбционных процессов в химической и смежных отраслях промышленности весьма обширны. Абсорбция применяется в следующих целях: получение готового продукта путем поглощения газа жидкостью, разделение газовых смесей для выделения одного или несколько ценных компонентов смеси, очистка газа от примесей вредных компонентов, улавливание ценных компонентов из газовой смеси для предотвращения их потерь, а также по санитарным соображениям. В независимости от назначения эти процессы в промышленных условиях носят комплексный характер. Так, в абсорбционно-десорбционных циклах сначала растворяют один из компонентов смеси в жидкости, а затем разделяют полученный раствор. Можно выделить специальные циклы, по которым регенерация поглотителя осуществляется не путем десорбции, а другими способами. Поэтому, оценка эффективности промышленных абсорбционных установок должна проводиться с учетом вспомогательных технологических процессов.

Методы исследования и полученные результаты. Термодинамическая работа разделения 1 моль идеальной смеси может быть определена по возрастанию эксергии

$$\Delta E = -RT_{o.c} \sum x_i \ln x_i \quad (1)$$

Для неидеальной смеси эта работа равна

$$\Delta E = \Delta H - RT_{o.c} \sum x_i \ln \gamma_i x_i \quad (2)$$

Величина ΔE равна (с обратным знаком) потерям эксергии при смешении.

Доля работы разделения в общих затратах эксергии на разделение смеси в промышленных установках обычно невелика. Поэтому КПД процессов разделения, как правило, невысок: от нескольких процентов (иногда даже долей процента) до 18÷20%.

Процессы смешения бывают полностью необратимыми (например, смешение идеальных газов или жидкостей в отсутствие полупроницаемой перегородки), но нередко часть эксергии, теряемой при смешении, можно использовать. Так, при абсорбции газов жидкостями обычно выделяется теплота, которую иногда частично используют для снижения энергетических затрат при десорбции.

В ходе абсорбции производится полезная работа увеличения концентрации ($\Delta_{e3,y}$) или парциального давления ($\Delta_{e,p}$) очищаемого газа, а также может увеличиваться его термическая составляющая эксергии.

В качестве полезного эффекта при растворении газа можно рассматривать также ту часть изменения эксергии раствора, которая связана с увеличением давления p_2 растворяемого газа над раствором:

$$\Delta e_{2,ж} = RT_{o.c} \int_{x_2^2}^{x_2^1} \ln p_2 dx_2 \quad (3)$$

Если абсорбция протекает в адиабатных условиях, то полезным эффектом является также увеличение эксергии раствора вследствие его нагрева за счет теплоты абсорбции:

$$\Delta e_{нагр.ж} = \frac{L}{n_2} \left[c_p (T_1 - T_2) - T_{o.c} c_p \ln \frac{T_1}{T_2} \right] = \frac{c_p}{\Delta x} \left[(T_1 - T_2) - T_{o.c} \ln \frac{T_1}{T_2} \right] \quad (4)$$

где L , c_p , n_2 , Δx – соответственно циркуляция и теплоемкость раствора, число молей растворенного газа и разность его концентраций в насыщенном и регенерированном растворах; T_1 и T_2 температуры в точках схемы (рис.1).

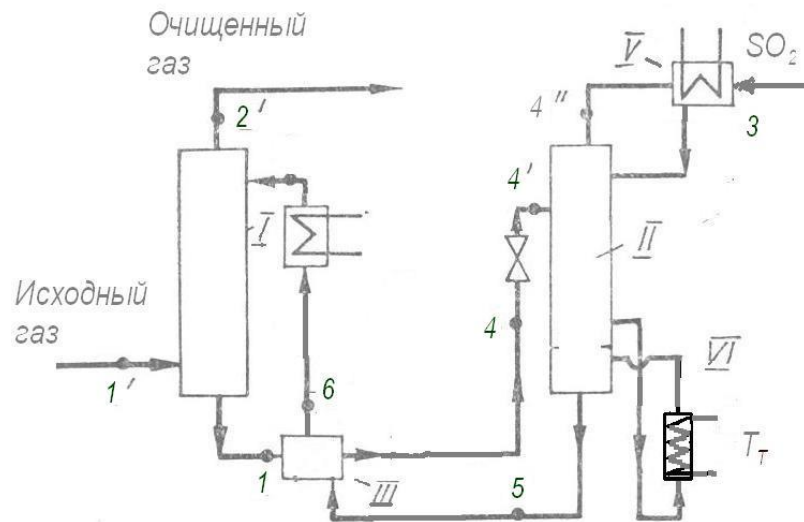


Рис.1. Принципиальная схема очистки газа от сернистого ангидрида

I–абсорбер; II–регенератор; III–теплообменник; IV–холодильник раствора; V–холодильник (конденсатор) парогазовой смеси; VI– кипятильник

При адиабатной абсорбции, а также, если температуры исходного T_1 , очищенного T_2 , газов и исходного раствора T_2 равны между собой и равны температуре окружающей среды $T_{o.c}$, а также, если теплоемкости раствора и газа в ходе абсорбции существенно не изменяются, то

$$\Delta e_{нагр.ж} = \Delta H_2 - T_{o.c} \frac{c_p}{\Delta x} \ln \frac{T_{o.c} + \Delta H_2 \Delta x / c_p}{T_{o.c}} = \Delta H_2 - T_{o.c} \frac{c_p}{\Delta x} \ln \left(1 + \frac{\Delta H_2 \Delta x}{c_p T_{o.c}} \right) \quad (5)$$

где ΔH_2 – интегральная теплота растворения.

Основная затрата эксергии в ходе абсорбции связана с потерями эксергии извлекаемой газообразной примеси (сернистого ангидрида), равновесное давление которой над раствором p всегда ниже, чем давление ее в газовой фазе p_2 , поскольку движущая сила абсорбции в реальных условиях отлична от нуля. Следовательно, убыль эксергии, связанная с изменением давления SO_2 при абсорбции,

$$\nabla e_{2,абс} = RT_{o.c} \left(\int_{x_2^{(2)}}^{x_2^{(1)}} \ln p_2 dx - \int_{x_2^{(2)}}^{x_2^{(1)}} \ln p_2^* dx \right) \quad (6)$$

Если абсорбция проводится в изотермических условиях (теплота абсорбции отводится и не используется для получения полезной работы), то эта часть изменения

эксергии при растворении теряется полностью. При абсорбции в адиабатных условиях небольшая часть эксергии используется. Таким образом, потери, связанные с теплотой абсорбции,

$$\nabla e_{\Delta H, абс} = \int_{x_2^{(2)}}^{x_2^{(1)}} \Delta H_2 \left(1 - \frac{T_{o.c}}{T_{max}}\right) dx - \frac{c_p}{\Delta x} \left[(T_1 - T_2) - T_{o.c} \ln \frac{T_1}{T_2} \right] \quad (7)$$

В уравнение (7) входит температура T_{max} , равная максимальной температуре абсорбции при проведении ее обратимым путем. Максимальная температура абсорбции может быть найдена из условия, что если $T = T_{max}$, то $p_2 = p_2^*$ (рабочая линия совпадает с равновесной линией, движущая сила процесса равна нулю).

Таким образом, общие потери эксергии при абсорбции (на 1 м^3 извлекаемого газа):

$$\begin{aligned} \nabla e_{абс} &= \nabla e_{2, абс} + \nabla e_{\Delta H, абс} \\ &= RT_{o.c} \left(\int_{x_2^{(2)}}^{x_2^{(1)}} \ln p_2 dx - \int_{x_2^{(2)}}^{x_2^{(1)}} \ln p_2^* dx \right) \\ &\quad + \int_{x_2^{(2)}}^{x_2^{(1)}} \Delta H_2 \left(1 - \frac{T_{o.c}}{T_{max}}\right) dx - \left[\Delta H_2 - T_{o.c} c_p \ln \left(1 - \frac{\Delta H_2 \Delta x}{c_p T_{o.c}}\right) \right] \end{aligned} \quad (8).$$

В итоге общий полезный эффект при абсорбции

$$\Delta e_{пол. абс} = \Delta e_{з, p} + \Delta e_{2, ж} + \Delta e_{нагр. ж} \quad (9)$$

где величины, входящие в уравнение (9), могут быть найдены из уравнений (4), (5) – полезная работа увеличения парциального давления очищаемого газа (индекс 3):

$$\Delta e_{з, p} = RT_{o.c} \ln \frac{p^{(2)} y_3^{(2)}}{p^{(1)} y_3^{(1)}} \quad (10)$$

где p – давление газа; y – концентрация компонента в газовой фазе.

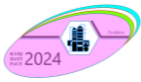
Таким образом, эксергетический КПД процесса абсорбции

$$\eta_e = \frac{\Delta e_{з, p} + \Delta e_{2, ж} + \Delta e_{нагр. ж}}{\nabla e_{2, абс} + \Delta e_{\Delta H, абс}} \quad (11).$$

В табл. 1 приведены результаты расчета потерь эксергии и эксергетического КПД для абсорбции SO_2 раствором аммиака. Как следует из таблицы, хотя все тепло абсорбции используется на нагрев раствора, большая часть его эксергии (около 90%) теряется. Кроме того, при технологической схеме, показанной на рис. 1, чем сильнее нагревается раствор в абсорбере, тем больше отводится тепла в холодильник.

Таблица 1. Термодинамическая эффективность процесса абсорбции SO_2 аммиачным раствором [2]

| Параметр | Обозначение | Значение |
|---|----------------------|----------|
| Произведенная эксергия, кДж/моль SO_2 | $\Delta e_{з, p}$ | 2,34 |
| | $\Delta e_{2, ж}$ | 7,31 |
| | $\Delta e_{нагр. ж}$ | 1,25 |
| Всего произведено | Δe | 11,1 |
| Затраченная эксергия, кДж/моль SO_2 | $\nabla e_{2, абс}$ | 11,80 |

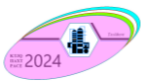


| | | |
|------------------------|------------|------|
| Всего затрачено | ∇e | 23,5 |
| Эксергетический КПД, % | η_e | 48,3 |

Заключение. Тем не менее эксергетический КПД процесса абсорбции сравнительно велик, однако КПД всего цикла разделения (рис.1) составляет лишь 8÷9% вследствие потерь на других стадиях.

Список литературы

1. Лейтес И.Л., Карпова Ю.Г., Бродянский В.М. Эксергетический КПД абсорбционных процессов разделения газовых смесей. // Теорет. Основы хим. Технологии. – 1973. - №1. – с. 19-23.
2. Рамм В.М. Абсорбция газов. М.: Химия, 1966. – 766 с.



РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЧИСТКИ ГЛИЦИРРИЗИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА
ОСНОВЕ ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ
DEVELOPMENT OF A GLYCYRRHIZIC ACID PURIFICATION METHOD BASED
ON SOLVENT EXTRACTION

Степанов К.С.¹, Сорокин В.В.², Коченко Д.В.³

¹Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: stepanov.konstantin@pharminnotech.com
[orcid.0009-0000-5479-5257](https://orcid.org/0009-0000-5479-5257)

²Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: vladislav.sorokin@pharminnotech.com
[orcid.0000-0002-7262-0941](https://orcid.org/0000-0002-7262-0941)

³Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет,
Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: darya.kochenko@spcru.ru
[orcid.0009-0003-0995-0854](https://orcid.org/0009-0003-0995-0854)

Аннотация: Разработан новый метод очистки глицирризиновой кислоты через два этапа жидкостной экстракции с помощью двухфазной системы, полученной из изопропилового спирта и водного раствора хлорида натрия. Для создания необходимого распределения целевого вещества между фазами изменяли кислотность системы через регулирование pH. В качестве этапов предварительной очистки выбраны осаждение из водного экстракта при подкислении, а также растворение полученного осадка в этиловом спирте и последующее осаждение из спирта при подщелачивании, что позволяет отделять белки и полисахариды, которые иначе бы образовали осадок во время жидкостной экстракции. Ожидается, что сочетание указанных стадий очистки приведёт к значительному повышению содержания глицирризиновой кислоты в извлечении из корней солодки, так как используются различные механизмы удаления примесей. Для оценки распределения глицирризиновой кислоты между водной и органическими фазами проведены опыты при разных значениях pH. При pH 4,0 глицирризиновая кислота преимущественно содержится в фазе изопропилового спирта, а при pH 8,0 и 10,0 она преимущественно содержится в водной фазе. Проверена справедливость полученного результата для более высокой концентрации глицирризиновой кислоты. Перевод глицирризиновой кислоты из водной в органическую фазу был выполнен при pH 4,0, а из органической фазы в водную при pH 8,0. Подобранные условия позволяют получать высокий выход целевого вещества, что подтверждает возможность использования жидкостной экстракции на основе изопропилового спирта для очистки глицирризиновой кислоты.

Annotation: a new method of purification was developed through two stages of solvent extraction using isopropyl alcohol and an aqueous solution of sodium chloride. To create the required distribution of the target substance between the phases, the acidity of the system was changed by adjusting the pH. Precipitation from an aqueous extract during acidification, as well as dissolution of the obtained precipitate in ethyl alcohol and subsequent precipitation during alkalization were selected as preliminary purification stages, which allows separation of proteins and polysaccharides that would otherwise precipitate during liquid extraction. It is expected that the combination of these purification stages will lead to a significant increase in the content of glycyrrhizic acid in the licorice roots extract, since different mechanisms for removing impurities are used. To assess the distribution of glycyrrhizic acid between the aqueous and organic phases, experiments were carried out at different pH values. At pH 4.0, glycyrrhizic acid is predominantly contained in the isopropyl alcohol phase, and at pH 8.0 and 10.0, it is predominantly contained in the aqueous phase. The validity of the obtained result was checked for a higher concentration of glycyrrhizic acid. The transfer of glycyrrhizic acid from the aqueous to the organic phase was performed at pH 4.0, and from the organic phase to the aqueous at pH 8.0. The selected conditions make it possible to obtain a high yield of the target substance, which confirms the possibility of using liquid extraction based on isopropyl alcohol for the purification of glycyrrhizic acid.

Ключевые слова: глицирризиновая кислота, тринатрия глицирризинат, корень солодки, экстрагирование, очистка, жидкостная экстракция, изопропиловый спирт.

Key words: glycyrrhizic acid, trisodium glycyrrhizinate, licorice root, extraction, purification, liquid extraction, isopropyl alcohol.

Введение. Технологии получения глицирризиновой кислоты и её солей основываются на экстрагировании корней солодки и последующей очистке извлечения. Селективное отделение глицирризиновой кислоты от других экстрагированных веществ является сложной процедурой, поскольку известные подходы многостадийны и длительны, а достижение высокой чистоты субстанции сопровождается значительными потерями целевого вещества. Дополнительным недостатком методов выделения глицирризиновой

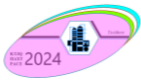
кислоты является необходимость использования растворителей, которые токсичны, пожароопасны и имеют сильное раздражающее действие. Использование токсичных растворителей также повышает требования к контролю качества готовой продукции, так как их остатки могут обнаруживаться в получаемой субстанции.

В связи с этим очевидна важность разработки подхода к очистке, который не будет иметь указанные недостатки. Перспективным вариантом представляется использование жидкостной экстракции, поскольку данный метод достаточно простой с точки зрения проведения и аппаратного оформления, существует большой выбор растворителей для создания гетерогенных систем, достижение высокого выхода и чистоты возможно через выбор подходящих параметров процесса. Также важно, что свойства глицирризиновой кислоты существенно изменяются при изменении рН среды (глицирризиновая кислота является трёхосновной и может быть преобразована в формы моно-, ди- и трисоли). А значит, через регулировку кислотности разделяемой смеси возможно добиться необходимого различия свойств глицирризиновой кислоты и примесей для их разделения.

В работах [1, 2, 3] представлены подходы к очистке глицирризиновой кислоты с помощью жидкостной экстракции. Для создания гетерогенных систем в качестве органической фазы предлагается использовать растворители, не смешиваемые с водой, включая фосфорные и спиртовые экстрагенты (трибутилфосфат, триалкилфосфиноксид, бутанол, гексанол, изоамиловый спирт, октанол и др.). Важной особенностью данных работ является оценка рН как ключевого параметра, влияющего на результат очистки (выход и чистоту). Определено, что при использовании этих растворителей и при поддержании требуемых диапазонов значений рН через две стадии жидкостной экстракции (перевод глицирризиновой кислоты из водной фазы в органическую фазу при подкислении и из отделённой органической фазы в новую водную фазу при подщелачивании) можно достичь значительной степени удаления примесей от экстракта солодки при низких потерях целевого вещества. Однако, представленные технологические решения сложно реализуемы из-за относительно высокой стоимости и токсичности исследованных растворителей. Использование только двух стадий жидкостной экстракции не позволяет получать продукт с высокой чистотой. В работе [3] очищенная фракция содержала около 20% глицирризиновой кислоты. Однако, жидкостная экстракция позволяет отделять те примеси, которые сложно отделить методами кристаллизации. В работе [2] показано, что использование простого метода очистки осаждением (кристаллизация в воде при добавлении кислоты) в сочетании с жидкостной экстракцией даёт чистоту продукта около 65%.

В работах [4, 5] исследуется жидкостная экстракция двухфазной системой, состоящей из органического растворителя, смешиваемого с водой, где для создания гетерогенности добавляется неорганическая соль. Отмечается, что использование этилового и изопропилового спиртов позволяет достигать высоких выходов по целевому веществу при жидкостной экстракции из водной фазы в органическую. Описанный способ довольно прост, а растворители относительно дешевы и безопасны. Однако, данные исследования не изучают влияние рН на распределение глицирризиновой кислоты между фазами и не рассматривают обратный процесс перевода вещества из органической фазы в водную для повышения чистоты получаемой субстанции. В работе [4] показано, что в результате жидкостной экстракции из водной фазы в фазу этилового спирта с дополнительным кислотным осаждением получена субстанция с чистотой 14%, что требует улучшений для повышения селективности.

Таким образом, остаётся актуальным определение простого, быстрого, дешёвого и эффективного технологического способа проведения очистки глицирризиновой кислоты жидкостной экстракцией. Возможным решением является использование изопропилового спирта в качестве органической фазы для жидкостной экстракции. Изопропиловый спирт довольно безопасный и дешёвый органический растворитель. Использование двух этапов



жидкостной экстракции за счёт регулирования кислотности среды через показатель рН повысит эффективность отделения примесей.

Жидкостная экстракция с использованием изопропилового спирта отличается от работ [1, 2, 3] значительным присутствием воды и спирта в органической и водной фазах соответственно, а также высокой концентрацией неорганической соли, необходимой для образования двухфазной системы. Поэтому необходимо проверить возможность применения описанной системы для очистки глицирризиновой кислоты, а именно осуществимость перехода целевого вещества из одной фазы в другую с высоким выходом через изменение рН.

Цель данной работы – разработка метода очистки глицирризиновой кислоты с помощью жидкостной экстракции через регулирование кислотности двухфазной системы, полученной из изопропилового спирта и водного раствора соли. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: оценить влияние кислотности двухфазной системы на распределение глицирризиновой кислоты между фазами и проверить эффективность метода с точки зрения выхода целевого вещества.

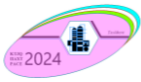
Методы исследования и полученные результаты. Для проверки распределения глицирризиновой кислоты между водной и органическими фазами при разных значениях рН подготовлен образец субстанции глицирризиновой кислоты через стадии экстракции корней солодки и предварительной очистки извлечения. В качестве этапов предварительной очистки выбраны осаждение из водного экстракта при подкислении, а также растворение полученного осадка в этиловом спирте и последующее осаждение из спирта при подщелачивании. Этапы предварительной очистки простые, быстрые и обеспечивают низкие потери целевого вещества. Предварительная очистка с помощью спирта позволяет отделять большое количество белков и полисахаридов, нерастворимых в спирте, которые иначе бы образовали осадок во время жидкостной экстракции и затруднили её проведение. Ожидается, что сочетание указанных стадий очистки на основе растворения-кристаллизации со стадией жидкостной экстракции приведёт к значительному сокращению содержания примесей в извлечении из корней солодки, так как используются различные механизмы очистки. Поэтому данные этапы предварительной очистки рассматриваются как важные технологические стадии, необходимые для реализации разрабатываемой технологии.

Водную экстракцию измельчённых корней солодки проводили при следующих условиях: размер частиц сырья менее 2 мм, трёхкратная экстракция водой при кипении, каждый этап экстракции длился 30 минут с гидромодулем 1:10 и при добавлении гидрокарбоната натрия до рН около 8, получаемые экстракты сливали от сырья и объединяли. Суммарный экстракт оставляли при комнатной температуре для охлаждения и осаждения балластных веществ и частиц сырья (около 3 часов). Надосадочную жидкость отделяли и фильтровали под вакуумом.

Для предварительной очистки подкислением добавляли водный раствор азотной кислоты в отфильтрованное извлечение при перемешивании до достижения рН 2-3. Выпавший осадок отфильтровывали и промывали водой.

Предварительная очистка через растворение и осаждение в этиловом спирте заключается в том, что полученный осадок глицирризиновой кислоты экстрагировали этанолом (трёхкратная экстракция при нагревании и перемешивании, суммарный гидромодуль 1:20). Этанольные извлечения объединяли, охлаждали и отфильтровывали от нерастворимых веществ. Фильтрат подщелачивали раствором гидроксида натрия в этиловом спирте до рН около 8. Выпавший осадок глицирризиновой кислоты в форме тринатриевой соли отфильтровывали и промывали спиртом.

Оценка распределения глицирризиновой кислоты между водной и органическими фазами выполнена следующим образом. Для создания двухфазной системы готовили насыщенный водный раствор хлорида натрия (перемешивали в течении 10 минут при комнатной температуре воду с хлоридом натрия, отфильтровывали избыток соли) и

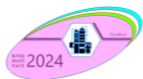


добавляли в него изопропанол до образования двухфазной системы. Хлорид натрия в качестве высаливающего агента выбран в связи с его доступностью, безопасностью и химической стабильностью. Из полученной гетерогенной системы отбирали верхнюю и нижнюю фазы для последующих опытов. Готовили раствор тринатриевой соли глицирризиновой кислоты путём растворения пробы полученной субстанции в водной фазе. В шесть пробирок добавляли равные объёмы раствора тринатриевой соли глицирризиновой кислоты, подкисляли/подщелачивали до достижения необходимого рН в разных пробирках (рН: 10,0; 8,0; 6,0; 5,2; 4,8; 4,0) и добавляли водную и органическую фазы до их соотношения 1:1. Распределение глицирризиновой кислоты в водной и органической фазах оценивали спектрофотометрически исходя из оптической плотности фаз при длине волны 258 нм.

Обнаружено, что при рН 4,0 оптическая плотность органической фазы была значительно выше водной фазы. Целевое вещество в большей степени перешло в фазу изопропилового спирта, и его потери на данном этапе низкие (меньше 10% исходя из соотношения оптических плотностей). При рН 8,0 и 10,0 оптическая плотность выше у водной фазы, чем у органической, и выход целевого вещества высокий (выше 70% исходя из соотношения оптических плотностей). Вероятно, повышенная оптическая плотность органической фазы отчасти объясняется наличием в ней примесей, которые не так чувствительны к изменению кислотности, как глицирризиновая кислота, которая при данных значениях рН практически полностью переходит в форму водорастворимой соли. Таким образом, регулировкой величины рН можно добиться такого распределения глицирризиновой кислоты между фазами, когда она преимущественно содержится только в водной фазе или фазе изопропилового спирта.

Необходимо проверить справедливость полученного ранее результата для случая, когда концентрация глицирризиновой кислоты более высокая. Поскольку как водная, так и органическая фаза включает в себя смесь всех трёх компонентов (вода, спирт, соль), то важно определить, не будут ли они ограничивать переход целевого вещества из одной фазы в другую, при его повышенной концентрации. Проведена жидкостная экстракция образца субстанции массой около 1 грамма. Субстанция была получена по описанной ранее методике экстракции и предварительной очистки. Перевод глицирризиновой кислоты из водной в органическую фазу был выполнен при рН 4,0, а из органической фазы в водную при рН 8,0. Соотношение фаз на первом и втором этапе жидкостной экстракции 1:1 (объём каждой фазы около 50 мл). Из водных фаз, полученных на первом и втором этапе, выпарили изопропиловый спирт и оставшийся водный раствор подкислили до рН 2-3. Для органической фазы, оставшейся после второго этапа, проведена повторная жидкостная экстракция (при тех же условиях), также выпарен изопропиловый спирт и водный остаток подкислен до рН 2-3. Наличие обильного осадка глицирризиновой кислоты наблюдалось только в водной фазе, полученной после второго этапа жидкостной экстракции. Это означает, что при подобранных условиях достигается высокий выход целевого вещества, и подтверждает возможность использования жидкостной экстракции на основе изопропилового спирта для очистки глицирризиновой кислоты.

Заключение. Разработан новый метод очистки глицирризиновой кислоты через два этапа жидкостной экстракции с помощью двухфазной системы, полученной из изопропилового спирта и водного раствора хлорида натрия, при регулировании величины рН для изменения распределения целевого вещества между фазами. Определено влияние кислотности двухфазной системы, полученной при смешивании водного раствора хлорида натрия и изопропилового спирта, на распределение глицирризиновой кислоты между фазами. При рН 4,0 глицирризиновая кислота преимущественно содержится в фазе изопропилового спирта, а при рН 8,0 и 10,0 она преимущественно содержится в водной фазе. Проверена эффективность очистки глицирризиновой кислоты через два этапа жидкостной экстракции с точки зрения выхода целевого вещества. Перевод глицирризиновой кислоты из водной в органическую фазу был выполнен при рН 4,0, а из



органической фазы в водную при pH 8,0. Соотношение фаз 1:1. Подобранные условия позволяют получать высокий выход целевого вещества, что подтверждает возможность использования жидкостной экстракции на основе изопропилового спирта для очистки глицирризиновой кислоты.

Список литературы

1. Guo-guang N., Yu-chun X., Jian-feng L., Hui-zhou L. Isolation and purification of glycyrrhizic acid with solvent extraction // Separation and Purification Technology. 2005. – V.44. – №3. – P. 189-196. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2004.05.011>
2. Patent CN1203085C. Method for extracting glycyrrhizic acid from licorice / Guoguang N., Yuchun X., Huizhou L. – Institute of Process Engineering of CAS. 2003. – 10 p. URL: <https://patents.google.com/patent/CN1203085C/en>
3. Patent CN103285074B. Method for separating glycyrrhiza triterpenes, glycyrrhiza flavonoids and glycyrrhiza polysaccharides / Guiyan L., Chun L., Dong W., Zhu W., Dongyu L., Ziqiang G. – Beijing Institute of Technology BIT. 2013. – 12 p. URL: <https://patents.google.com/patent/CN103285074B/en>
4. Tianwei T., Qing H., Qiang L. Purification of glycyrrhizin from Glycyrrhiza uralensis Fisch with ethanol/phosphate aqueous two phase system // Biotechnology Letters. 2002. – V.24. – P. 1417-1420. <https://doi.org/10.1023/A:1019850531640>
5. Huang L., Li W., Feng Y., Fang X., Li J., Gao Z., Li H. Simultaneous recovery of glycyrrhizic acid and liquiritin from Chinese licorice root (Glycyrrhiza uralensis Fisch) by aqueous two-phase system and evaluation biological activities of extracts // Separation Science and Technology. 2018. – V.53. – №9. – P. 1342–1350. <https://doi.org/10.1080/01496395.2018.1444052>

ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТНЫХ ДАННЫХ ПО ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ СОПРОТИВЛЕНИЮ ТРУБЧАТО-РЕШЕТЧАТОЙ НАСАДКИ ИЗ ТРУБ С РАЗВИТОЙ ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Нуриллаева Айнагул Абдиуалиевна¹, Мавлонов Элбек Тулкинович²,
Нурмухамедов Хабибулла Саъдуллаевич³, Тенгелова Анжим Назер қизи⁴
Абулхаев Шодмон Абдушукур угли⁵, Матчонов Шерзод Камилович⁶

¹Ташкентский химико-технологический институт, докторант.
E-mail: anuryllaeva@mail.ru, Phone: +998-88-220-80-85
<https://orcid.org/0009-0003-1728-5583>

²Ташкентский химико-технологический институт, доцент.
E-mail: elbek8181@mail.ru, Phone: +998-97-431-70-12
<https://orcid.org/0000-0001-5153-0579>

³Ташкентский химико-технологический институт, докторант.
E-mail: haas-bek@mail.ru, Phone: +998-97-400-97-01
<https://orcid.org/0000-0002-5405-2485>

⁴Ташкентский химико-технологический институт, стр.преп.
E-mail: anjimtengelova82@gmail.com, Phone: +99899 249 00 39
<https://orcid.org/0000-0002-5283-4459>

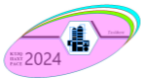
⁵Ташкентский химико-технологический институт
E-mail: shodmon0927@gmail.com, Phone: +998915004097
<https://orcid.org/0000-0002-0999-2312>

⁶Ургенчский государственный технологический университет
E-mail: shezadkamilovich@gmail.com, Phone: +998970858904
<https://orcid.org/0000-0003-0539-3045>

Аннотация: В работе представлены экспериментальные данные по исследованию гидравлического сопротивления трубчато-решетчатой насадки из труб с развитой теплообменной поверхностью. Исследованиями установлено, что при $s/d=14,2$, $t/d=1,15$ и скорости потока воздуха $w=1,6$ м/с величина $\Delta P=27,3$ Па, при $t/d=2,0$ значение $\Delta P=20,1$ Па и при $t/d=5,0$ соответственно равна $\Delta P=20,1$ Па. С повышением скорости потока воздуха до $w=5,7$ м/с для для трубы с $t/d=1,15$ величина $\Delta P=255$ Па, для трубы с $t/d=2,0$ величина $\Delta P=187$ Па, и для трубы с $t/d=5,0$ величина $\Delta P=138$ Па. Увеличение скорости потока воздуха до $w=8,8$ м/с не повлияла на общую закономерность, но численные значения несколько выше чем в предыдущем опыте. Из анализа экспериментальных данных по гидравлическому сопротивлению трубчато-решетчатых насадок из труб со спиралевидными турбулизаторами выявлен рост ΔP с повышением скорости потока воздуха. Сравнение экспериментальных данных по гидравлическому сопротивлению при $s/d=const$, но различных t/d показало, что с ростом шага размещения труб в трубной доске гидравлическое сопротивление снижается до двух раз.

Аннотация: Ушбу ишда юқори самарали иссиқлик алмашиши юзали труба-панжарадан ясалган насадканинг гидравлик қаршилигининг тажриба натижалари келтирилган. Тадқиқотлар натижасида $s/d=14,2$, $t/d=1,15$ ва ҳаво оқимининг тезлиги $w=1,6$ м/с бўлганда $\Delta P=27,3$ Па, $t/d=2,0$ эса $\Delta P=20,1$ ва $t/d=5,0$ бўлганда гидравлик қаршилик мос равишда $\Delta P=20,1$ Па. Ҳаво оқимининг тезлигини $t/d=1,15$ қадамли труба учун $w=5,7$ м/с гача оширганда гидравлик қаршилик $\Delta P=255$ Па, $t/d=2,0$ қадамли учун эса $\Delta P=187$ Па, жойлашиши қадами $t/d=5,0$ бўлганда $\Delta P=138$ Па. Ҳаво оқимини тезлигини $w=8,8$ м/с гача ошириши умумий қонуниятга таъсир этмади, лекин олдинги тажрибага нисбатан сон қиймати бироз ошган. Спиральсимон турбулизаторли труба-панжарали насадканинг гидравлик қаршилиги бўйича тажриба натижаларини тахлилидан, ҳаво оқимининг тезлиги ортиши билан ΔP ҳам ортиши аниқланди. Турлича жойлашиши қадами t/d ва $s/d=const$ да гидравлик қаршилик тажриба натижаларини таққослаш, труба доскасида трубаларнинг жойлашиши қадамининг ортиши гидравлик қаршиликни икки мартагача камайишини кўрсатди.

Abstract: The paper presents experimental data on the study of hydraulic resistance of a tubular-lattice packing made of pipes with a developed heat exchange surface. The research has established that at $s/d=14,2$, $t/d=1,15$ and the air flow rate $w=1,6$ m/s the value of $\Delta P=27,3$ Pa, at $t/d=2,0$ the value of $\Delta P=20,1$ Pa and at $t/d=5,0$, respectively, is equal to $\Delta P=20,1$ Pa. With an increase in the air flow rate to $w=5,7$ m/s for a pipe with $t/d=1,15$ the value of $\Delta P=255$ Pa, for a pipe with $t/d=2,0$ the value of $\Delta P=187$ Pa, and for a pipe with $t/d=5,0$ the value of $\Delta P=138$ Pa. Increasing the air flow velocity to $w=8,8$ m/s did not affect the general pattern, but the numerical values are somewhat higher than in the previous experiment. From the analysis of experimental data on the hydraulic resistance of tubular-lattice packings made of pipes with spiral turbulators, an increase in ΔP was revealed with an increase in the air flow velocity. Comparison of experimental data on hydraulic resistance at $s/d=const$, but different



t/d showed that with an increase in the pitch of the placement of pipes in the tube sheet, the hydraulic resistance decreases by two times.

Ключевые слова: *Гидравлическая сопротивляемость, насадка, тарелка, трубчато-решетчатая насадка, скорость, шаг размещения, турбулизатор, ректификация.*

Калим сўзлар: *Гидравлик қаршилик, насадка, тарелка, труба-панжарали насадка, тезлик, жойлашиш қадами, турбулизатор, ректификация.*

Key words: *Hydraulic resistance, packing, plate, tubular-grid packing, speed, placement step, turbulator, rectification.*

Введение. Существующее в мировой и отечественной практике ужесточение требований к характеристикам колонных аппаратов побуждает ученых, конструкторов и разработчиков колонной аппаратуры, искать оптимальные конструктивные решения и внедрять новые физические принципы, способствующие улучшению показателей тепловой и энергетической эффективности, компактности, надежности и других показателей аппаратов и устройств. Эффективность вышеназванных процессов в различных технологиях напрямую связан с интенсификацией переноса тепла в межтрубное пространство и турбулизации там контактирующих газовой фазы с жидкой фазой.

Главные требования при создании теплообменных устройств различного назначения заключаются в обеспечении как можно меньших объемов, массы аппаратов и энергозатрат на прокачку рабочего агента и в то же время возможно большей теплообменной поверхности. Трудность сочетания указанных требований очевидна. Поэтому, как правило, необходимо искать наилучшие компромиссные инженерные решения. При этом неизбежно приходится решать задачу интенсификации процесса теплообмена для повышения тепловой эффективности аппарата или системы в целом с учетом гидравлического сопротивления [1-3].

В газовой и нефтехимической промышленности наибольшее применение нашли тарельчатые аппараты, однако в последнее время растет интерес к насадочным аппаратам, увеличивается количество внедрений колонн с насадками.

Чаще насадочные контактные устройства используются в абсорберах осушки и очистки природного газа; в ректификационных колоннах разделения фракций C₃ и C₄, воздуха, близкикопящих, высокоагрессивных, вязких и сильно пенящихся продуктов; в скрубберах дымовых газов.

Насадка – это элементы различной формы и размеров с развитой поверхностью.

Прохождение газа через тарелку или насадку сопровождается потерей его энергии, которая проявляется в уменьшении давления в колонне от тарелки к тарелке или по высоте слоя насадки снизу вверх. Как известно, гидравлическое сопротивление тарелки или насадки складывается из сопротивления сухой тарелки или насадка, сопротивления барботажного слоя и «остаточных» сопротивлений, обусловленных действием сил поверхностного натяжения.

Для эффективной работоспособности к насадке предъявляются следующие требования [4, 5]: низкое гидравлическое сопротивление газовому потоку; хорошая смачиваемость (отношение смоченной поверхности насадки к ее полной поверхности); равномерное распределение потоков газа и жидкости по поперечному сечению колонны; высокая кратность обновления поверхности контакта фаз; минимальный унос жидкости с газом; сохранение эффективности при широком изменении расходов газа и жидкости; механическая прочность и др.

Общеизвестно, что при эксплуатации колонных аппаратов со ступенчатым контактом фаз взаимодействие газа и жидкости происходит на устройствах тарельчатого или насадочного типов. Они служат для увеличения поверхности контакта фаз при направленном их движении, т.е. газ как правило движется снизу вверх, а жидкость – сверху вниз. Естественно, наиболее распространенными видами тарелок являются ситчатые, колпачковые, клапанные и т.д. [1, 2, 4], а среди насадочных устройств – кольца Рашига, Палля, седла Берля и т.д.

Известна насадка для массообменного аппарата, содержащая проволоку или полимерные мононити, фиксирующие элементы в виде параллельных стрежней, установленных в проволоке или полимерных мононитях и закрепленных на концах пластинами, отличающаяся тем, что пластины выполнены в виде перфорированных дисков, а стрежни - в виде болтов, равномерно установленных по окружности дисков, при этом отношение диаметра диска к внутреннему диаметру аппарата составляет $d/D=0,94-0,98$ (где d и D - соответственно диаметр диска и внутренний диаметр аппарата) [6].

Известна тепломассообменная тарелка содержит перфорированное основание, переливное устройство и установленное на основании тарелки барботажное контактное устройство, представляющее собой лопатки, соединенные с осью вращения, отличающаяся тем, что нижняя часть переливного устройства отогнута в сторону контактного устройства, установленного на вертикальной оси, а на свободном конце каждой лопатки сверху установлен пластинчатый упор [7].

Известна пакетная вихревая насадка состоит из множества одинаковых ячеек прямоугольной формы, соединенных между собой в единый пакет, при этом стенки каждой ячейки смещены относительно друг друга по вертикали, перекрывая фронтальную щель на входе и на выходе ячейки за счет загнутых внутрь окончаний, которые образуют завихрители на входе и на выходе из ячейки. Завихрители на входе и выходе в каждой ячейке расположены перпендикулярно друг другу, а поверхность каждой ячейки полностью или частично покрыта шероховатостью и/или перфорацией любой формы. Достоинства: расширение диапазона устойчивого псевдо эмульсионного режима работы насадки при малом гидравлическом сопротивлении насадки [8].

Широко используются, насадочные элементы как зарубежных, так и отечественных фирм. Например, нерегулярные насадки НУ-ПАК, CASCADE-RINGS, «Инжехим», ГИПХ, ГИАП и регулярные – INTALOX, Sulzer, Koch, «Инжехим», Norton, «Меллапак», «Вакупак», «Кедр», УГНТУ, «Глитч-Грид», «ПерформГрид» и др. Классификация насадочных элементов сделана в работах [9-19].

В Инженерно-внедренческом центре «Инжехим» разработан ряд насадок, образованных двумя, тремя или четырьмя изогнутыми полосами, смещенными относительно друг друга [9, 13, 20]. Края насадки изогнуты для исключения плотного прилегания отдельных элементов друг к другу. Особенностью данной конструкции является то, что жидкость, омывающая элементы насадки, сходит преимущественно с них в виде пленки. Это происходит за счет того, что геометрия насадки имеет гладкий гидравлический профиль и не содержит ломаных поверхностей и торчащих деталей, которые могли бы быть центром образования отдельных капель и струй. Пленочный характер стока жидкости с элементов насадки обеспечивает высокие массообменные характеристики при минимальном значении уноса и способствует снижению гидравлического сопротивления.

Общеизвестно, что высота колонны зависит только от количества и расстояния между тарелками. Количество тарелок влияет непосредственно на качество получаемого продукта. Известно, что высокое качество получаемого продукта требует большего объема взаимодействия двух фаз (флегмы и пара) [21-23].

В последнее время, в целях увеличения эффективности колонных аппаратов повышенный интерес вызывают трубчато-решетчатые насадки и все больше находят применение в колонных аппаратах, в которых процессы протекают с выделением теплоты реакции или подводом теплоты в зону контакта газовой и жидкой фаз.

Методы исследования.

Экспериментальная установка для исследования гидродинамики трубчатого пакета представляет собой цилиндрический корпус из оргстекла диаметром 0,25 м, что позволяет помимо непосредственных измерений перепада давлений, а также производить визуальные наблюдения и при необходимости вести киносъемку процесса.

В нижней части аппарата на расстояние 0,2 м от исследуемого насадка установлена распределительная решетка для выравнивания подаваемого потока воздуха по всему сечению аппарата. Конструкция трубчато-решетчатой насадки выполнена в виде пакета труб из гладких труб и труб со спиралевидными турбулизаторами. Причем, шаг навивки спиралевидных турбулизаторов $s/d=5,11-14,2$, а шаг расположения труб изменялся в пределах $t/d=1,15-10,0$. Измерение перепада давления от трубчато-решетчатой насадки осуществлялось U-образным дифманометром. Расход воздуха определялся при помощи измерительной диафрагмы, а замер производился при помощи микроманометра ММН-240. Скорость потока изменялась в диапазоне чисел Рейнольдса $Re=3500-340000$.

Заключение.

На рис.1 представлены результаты исследований в виде функциональной зависимости $\Delta P = f(w)$, имеющая восходящий характер для всех труб, как для гладких, так и для труб с дискретно расположенными спиралевидными турбулизаторами. Анализ графиков показывает рост гидравлического сопротивления ΔP с увеличением скорости w потока воздуха для всех шагов размещения труб в трубной доске.

Из графика видно, что при $s/d=14,2$ и $t/d=1,15$ при скорости потока воздуха $w=1,6$ м/с значение $\Delta P=27,3$ Па, при $t/d=2,0$ данный параметр равен $\Delta P=20,1$ Па и при $t/d=5,0$ соответственно величина гидравлического сопротивления равна $\Delta P=20,1$ Па. С повышением скорости потока воздуха до $w=5,7$ м/с для для трубы с $t/d=1,15$ величина $\Delta P=255$ Па, для трубы с $t/d=2,0$ величина $\Delta P=187$ Па, и для трубы с $t/d=5,0$ величина $\Delta P=138$ Па.

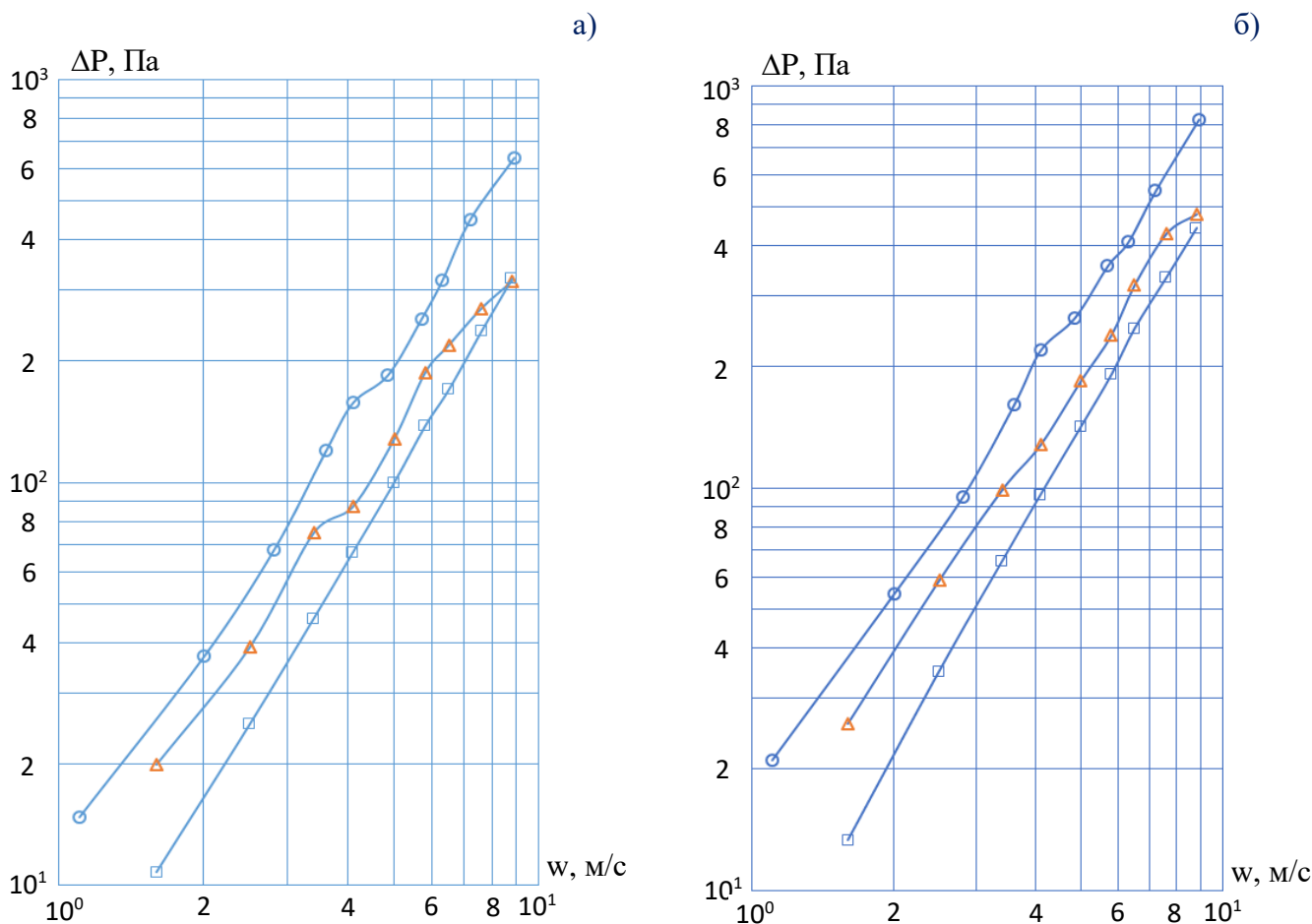
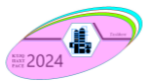


Рис.1. Гидравлическое сопротивление трубчато-решетчатого насадка из труб со спиралевидными турбулизаторами.
а - $s/d=14,2$; б - $s/d=5,11$. о - $t/d=1,15$; Δ - $t/d=2$; \square - $t/d=5$.



Увеличение скорости потока воздуха до $w=8,8$ м/с для трубы шага размещения труб $t/d=1,15$ величина $\Delta P=640$ Па, для $t/d=2,0$ величина $\Delta P=315$ Па, и для трубы с $t/d=5,0$ величина равна $\Delta P=320$ Па. Повышение шага размещения труб в трубной доске с $t/d=1,15$ до $5,0$ приводит к снижению гидравлического сопротивления до двух раз.

Из анализа экспериментальных данных по гидравлическому сопротивлению трубчато-решетчатых насадок из труб со спиралевидными турбулизаторами выявлен рост ΔP с повышением скорости потока воздуха.

Аналогичные результаты получены и при шаге навивки спиралевидных турбулизаторов $s/d=5,11$. Разница только в том, что функциональная зависимость $\Delta P = f(w)$ для трубчато-решетчатой насадки из труб с таким шагом навивки имеет несколько высокие численные значения.

Сравнение экспериментальных данных по гидравлическому сопротивлению при $s/d=\text{const}$, но различных t/d показало, что с ростом шага размещения труб в трубной доске гидравлическое сопротивление снижается до двух раз.

Влияние шага навивки турбулизаторов можно определить путем сравнения графиков на рис.1а и рис.1б. Так, при скорости потока воздуха $4,1$ м/с с ростом шага навивки с $s/d=5,11$ до $14,2$ значение ΔP снижается в $1,39-1,44$ раза.

Выводы.

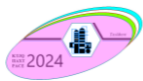
Известно, что гидродинамика и теплообмен при течении жидкостей в трубах и снаружи, как правило, определяются геометрическими параметрами подобных труб. Экспериментальными исследованиями установлено сильное влияние шага размещения дискретно расположенных спиралевидных турбулизаторов.

Сопоставление гидравлического сопротивления обоих исследованных трубчато-решетчатых насадок показало, что $\Delta P = f(w)$ при $s/d=14,2$ слабее, чем при $s/d=5,11$.

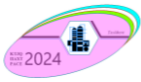
Следует отметить, что создание строго дозированных, направленных локальных и вихревых эффектов в потоке через форму и размера плавно очерченных спиралевидных турбулизаторов, позволяет воздействовать на поток жидкости и получить структуру потока с заданными свойствами через локальные и вихревые эффекты, а также управлять движением потока.

Литература

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 2006. – 783 с.
2. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. - Toshkent, Fan va texnologiyalar, 2015. - 848 b.
3. Дрейцер Г.А., Калинин Э.К., Копп А.Н., Мякочин А.С. Эффективные теплообменные поверхности. - М.: Машиностроение, 1999. - 423 с.
4. Леонтьев В.С., Сидоров С.И. Современные насадочных колонны: особенности конструктивного оформления / Химическая промышленность, 2005. –№ 7. –347–356 с.
5. Зиберт Г.К., Феоктистова Т.М. Объемные насадки / М.:ИРЦ «Газпром», 2002.-52 с.
6. Патент РФ №109015 МПК¹ В01J 19/32 (2006.01), В01D 45/00 (2006.01). Насадка для массообменного аппарата / Голованчиков А.Б., Воротнева С.Б., Дулькина Н.А., Фетисова Е.Г., Ужва Ю.О., Решетников А.А.; Бюл. №28. 10.10.2011г. –ил 2. – 9с.
7. Патент РФ №171763 МПК² В01D 3/30 (2006.01), В01D 3/18 (2006.01), В01D 3/20 (2006.01). Теплообменная тарелка с барботажным контактным устройством / Голованчиков А.Б., Прохоренко Н.А., Ляпков А.В., Баранов Д.М., Баранов Б.М., Самойлова О.Г.; Бюл. №17. 15.06.2017г. –ил 2. – 6с.
8. Патент РФ №2416461 МПК⁸ В01J 19/32 (2006.01). Пакетная вихревая насадка для тепло- и массообменных колонных аппаратов / Кадыров Р.Ф., Блиничев В.Н., Чагин О.В., Кадыров Р.Р. Бюл. №11. 20.04.2011г. – 9с. –ил 3.
9. Лаптев А.Г., Фарахов М.И. Разделение гетерогенных систем в насадочных аппаратах / Казань: Казан. гос. энерг. ун-та, 2006. – 342 с.
10. Дмитриева Г.Б., Беренгартен М.Г., Ключенкова М.И., Пушнов А.С. Эффективные конструкции структурированных насадок для процессов тепломассообмена / Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2005. - №8. – 15–17 с.
11. Лебедев Ю.Н., Чекменов В.Г., Зайцева Т.М. и др. Насадка ВАПУ ПАК для вакуумных колонн / Химия и технология топлив и масел, 2004. – №1. – 48–52 с.



12. Ключко В.В., Холпанов Л.П. Исследование и расчет гидродинамических характеристик регулярных контактных устройств массообменных колонн / Химические и нефтегазовое машиностроение. 2004. – №5. – 10–12 с.
13. Фарахов М.И., Лаптев А.Г., Минеев Н.Г. Насадочные контактные устройства для массообменных колонн / Химическая техника. – №2. -2009. – с.4–5.
14. Senol Aynur, Dramur Umur. Performance test and design considerations of a column packed with a new ceramic packing / Chim. Actaturc, 1995, 23, Issue 2. – p.p. 145–155.
15. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа / Учеб. пос. для вузов. Уфа, 2004. – 672 с.
16. Каган А.М., Пушнов А.С., Рябушенко А.С. Насадочные контактные устройства / Химическая технология. 2007. –т.8. –№ 5. – 232–240 с.
17. Повтарев И.А., Блиничев В.Н., Чагин О.В. и др. Исследование зависимости гидравлического сопротивления насадочного слоя колонного оборудования / Изв. вузов «Химия и химическая технология». 2006. –т.49. –№12. – 109–110 с.
18. Зельвенский Я.Д., Торопов Н.Н. Гидродинамика противотока жидкость-пар в насадочной колонне при низкотемпературной ректификации под давлением / Химическая промышленность. 2002. –№8. – 21–23 с.
19. Сокол Б.А., Чернышев А.К., Баранов Д.А. и др. Насадки массообменных колонн / под ред. Д.А. Баранова. М.:Инфохим, 2009. – 358 с.
20. Патент РФ № 17764 МПК² B01D 53/00 (2000.01). Насадка для массообменных колонн / Фарахов М.И., Кудряшов В.Н., Лаптев А.Г., Шигапов И.М. и др. Бюл. № 12. 27.04.2001 г. – 4 с. – ил. 2.
21. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. – М.: Химия. – 1978. – 277 с.
22. Таранов Л.В. Расчет тарелок ректификационных колонн. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2004. – 21 с.
23. Ваньков А.А., Щетинин В.С. Влияние гидравлического сопротивления на конструктивные параметры колонны / MODERN HIGH TECHNOLOGIES, 2014. – №8. – 8–10 с.



ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛОБМЕНА ОТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ СПИРАЛЬНЫХ КАНАВОК ТРУБЧАТО-РЕШЕТЧАТОЙ НАСАДКИ ПРИ ХЕМОСОРБЦИИ

Рахмонова Мухаббат Ибрагимовна¹, Францкевич Виталий Станиславович²,
Нурмухамедов Хабибулла Сагдуллаевич³, Мавлонов Элбек Тулкинович⁴, Нишонов
Садокат Хабибуллаевна⁵, Мусаева Нилуфар Музаффар кизи⁶

¹Ташкентский химико-технологический институт, аспирант.

E-mail: muxabbatrahmanova76@gmail.com, Phone: +998907195599
<https://orcid.org/0000-0003-0532-8120>

²Белорусский государственный технологический университет

e-mail: fvs2@tut.by, Phone: +375295618241
<https://orcid.org/0000-0002-4126-8850>

³Ташкентский химико-технологический институт, профессор

E-mail: haas-bek@mail.ru, Phone: +998974009701
<https://orcid.org/0000-0002-5405-2485>

⁴Ташкентский химико-технологический институт, доцент

e-mail: elbek8181@mail.ru, Phone: +998974317012
<https://orcid.org/0000-0001-5153-0579>

⁵Ташкентский химико-технологический институт, ст.преподаватель

E-mail: sadosha1811@gmail.com, Phone: +998935345500
<https://orcid.org/0000-0003-3461-752X>

⁶Ташкентский химико-технологический институт, магистр.

E-mail: nilufar.musaeva1999@gmail.com Phone: +998931062224
<https://orcid.org/0000-0002-5405-2485>

Аннотация: В статье представлены опытные данные по конвективному теплообмену при абсорбции аммиака рассолом. Объектом эксперимента выбрана трубчато-решетчатая насадка из труб с развитой теплообменной поверхностью в виде спиральных канавок снаружи и плавно очерченных выступов внутри. Исследованиями установлена достаточно высокая эффективность подобных теплообменных поверхностей. Эксперименты показали, что функция интенсивности теплообмена $Nu=f(h/D)$ для всех значений шага навивки турбулизаторов имеет восходящий характер.

При значении относительной глубины канавки $h/D=0,095$ и шаге расположения канавки $t/D=3,0$ значение интенсивности теплообмена $Nu=123,3$, при $t/D=0,25$ величина интенсивности теплообмена $Nu=176,9$. Выявлено, что снижение шага расположения турбулизаторов t/D зафиксирован рост интенсивности теплообмена до 1,43 раза. Подобная интенсификация конвективного теплообмена позволяет уменьшить долю холодильной зоны и увеличить долю абсорбционной зоны абсорбционной колонны. Также установлено, снижение расхода охлаждающей жидкости, так как процесс протекает в переходной области течения теплоносителя.

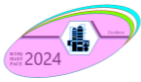
Abstract: The article presents experimental data on convective heat exchange during ammonia absorption by brine. The object of the experiment was a tubular lattice packing made of pipes with a developed heat-exchange surface in the form of spiral grooves on the outside and smoothly outlined protrusions on the inside. Studies have established a fairly high efficiency of such heat-exchange surfaces. The experiments have shown that the heat exchange intensity function $Nu=f(h/D)$ for all values of the winding pitch of turbulators has an ascending character.

At the value of the relative groove depth $h/D=0.095$ and the groove location pitch $t/D=3.0$, the heat exchange intensity value $Nu=123.3$, at $t/D=0.25$, the heat exchange intensity value $Nu=176.9$. It was revealed that a decrease in the turbulator location pitch t/D recorded an increase in the heat exchange intensity up to 1.43 times. Such intensification of convective heat exchange allows to reduce the share of the refrigeration zone and increase the share of the absorption zone of the absorption column. It is also established that the consumption of cooling liquid decreases, since the process takes place in the transition region of the coolant flow.

Ключевые слова: абсорбция, конвективный теплообмен, интенсивность, теплообмен, насадка, спирально-накатанная труба, канавка, глубина, шаг размещения.

Key words: absorption, convective heat exchange, intensity, heat exchange, packing, spiral-rolled pipe, groove, depth, placement step.

Введение. Энерго- и ресурсосбережение можно рассматривать как оптимизацию энергетических и материальных потоков существующих технологических процессов для производства продуктов, а более широко – как поиск новых путей рационального



использования тепла, энергии, тепла и сырья для получения тех же, а также новых продуктов. Достижение положительных результатов при экономии энергетических ресурсов возможно только при анализе промышленного энергоиспользования, уровней полезного использования энергии, тепла и энергетических потерь на различных промышленных предприятиях, определении основных, наиболее эффективных путей экономии тепла, энергетических ресурсов в промышленности [1,2].

В современных условиях и в перспективе один из важных путей повышения экономичности энерготехнологических установок – совершенствование теплообменного оборудования с помощью внедрения эффективных способов интенсификации теплообмена. Посредством интенсификации теплообмена увеличивается количество тепла, передаваемого через единицу поверхности теплообмена, и, соответственно, уменьшаются массогабаритные показатели теплообменника; достигается более выгодное соотношение между передаваемым количеством тепла и мощностью, затрачиваемой на прокачивание теплоносителей. Высокое техническое качество интенсифицированного теплообменного оборудования улучшает общие характеристики энерготехнологических установок [3].

Теплообменные процессы играют большую роль во многих энергетических устройствах и технологической аппаратуре. Теплоэнергетика, ядерная и нетрадиционная энергетика, авиационная и ракетно-космическая техника, химические, пищевые и криогенные технологии – лишь некоторые области, в которых интенсивно используются теплообменные аппараты.

Использование дискретно расположенных кольцевых выступов является одним из наиболее эффективных и исследованных способов интенсификации переноса тепла. Стоит отметить, что накатка кольцевых каналов достаточно технологична, так как не увеличивает наружный диаметр труб, позволяя использовать данные трубы в тесных пучках и не меняет существующей технологии сборки теплообменных аппаратов. Кольцевые диафрагмы и канавки турбулизируют поток в пристенном слое и обеспечивают интенсификацию теплообмена как снаружи, так и внутри труб [4].

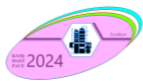
При закрутке потока местные пристеночные скорости увеличиваются, и общая структура течения изменяется. Закрутка потока в трубах осуществляется при использовании закрученных лент и шнеков, при этом она поддерживается непрерывно по всей длине трубы, что обеспечивает постоянство соотношения тангенциальной и осевой составляющей скорости.

При закрутке потока лентой в поперечном сечении жидкость перетекает от периферии к центру в результате действия градиента давления. Кроме того жидкость из пограничного слоя проникает в ядра потока. Эти движения приводят к возникновению четырех вихревых областей, которые способствуют усилению теплообмена и совместно с действием центробежных уменьшают толщину пограничного слоя. Вихревое смешение также способствует возникновению турбулентного течения при меньших числах Re [5,6].

Трубчатое поверхности теплообмена с волнистыми стенками состоящие из участков конфузоров и диффузоров, которые изготавливаются путем накатки специальными роликами. Углы расширения диффузоров и конфузоров выбирается по условию получения потока с нестационарными отрывными явлениями. Такие отрывы потока интенсифицируют теплообмен.

Внешняя турбулентность при градиенте давления способствует интенсификации теплообмена. Указанные условия реализуются в рассматриваемом случае следующим образом: турбулентность генерируется в диффузионной области и благоприятно воздействует в конфузорной области. Данные трубы характеризуются относительно низким сопротивлением и высоким теплообменом. Теплоъем при равном сопротивлении увеличивается приблизительно в 1,5 раза [2, 5, 6, 7].

Методы интенсификации можно разделить на пассивные (не требующие прямых затрат энергии), активные (требующие подвода энергии извне) и комбинированные



[8, 9]. Применительно к течению однофазных теплоносителей используются шероховатые поверхности; развитие поверхности за счет оребрения; закрутка потока завихрителями, установленными на входе в канал; вибрация поверхности; пульсация теплоносителя; воздействие на поток электростатических полей. Высоко эффективным часто оказывается применение комбинированных методов интенсификации (сочетание турбулизаторов с оребрением поверхностей; применение труб с шероховатыми стенками и вставками из витых лент и др.).

В работе посвящен поиску эффективных форм поверхностей и различным способам интенсификации конвективного теплообмена [4,7,9,10,11].

В связи с вышеизложенным актуальным направлением совершенствования теплообменник является интенсификация теплоотдачи за счет внесения изменений в их конструкцию [1, 5-8, 12-14]. Увеличение коэффициентов теплоотдачи позволит снизить габариты теплообменного аппарата и повысить технико-экономические показатели процесса [13,15,16].

В трубах со спиральными выступами интенсификация обусловлена совместным действием двух факторов: турбулизацией и разрушением пристеночного слоя течения выступами и закруткой пристеночного потока под действием выступов [6]. Интенсифицирующее воздействие частичной закрутки течения низким выступом (только пристеночной зоны) реализуется через увеличение пристеночной скорости потока. Этот способ, вероятно, следует отнести к комбинированным способам интенсификации теплообмена, так как на поток одновременно действует турбулизация и закрутка.

Прочностные и вибрационные качества накатанных труб почти не уступают гладким трубам [6, 15]. Загрязняемость труб со спиральными выступами значительно меньше при сравнении с гладкими трубами по весу отложений на 1 м^2 теплообменной поверхности. Следовательно, тепловая эффективность спирально-накатанных труб намного выше чем у гладких труб [5, 6].

Спиральные выступы в трубе можно образовать посредством установки в них пружинных вставок из проволоки. При малых шагах проволоочной спирали может нарушаться тепловой контакт выступа (проволоки) с поверхностью трубы, поэтому эффект увеличения поверхности теплообмена за счет выступов может существенно падать по сравнению с его проявлением при спиральной накатке. Этот недостаток снижает тепловую эффективность пружинных вставок при малых шагах относительно накатанных спиральных выступов. При достаточно больших шагах влияние указанного фактора незначительно. Увеличение диаметра проволоки вставки h всегда приводит к росту гидравлического сопротивления трубы.

Сравнение, проведенное в [18] показывает, что наилучшими показателями характеризуются пружинные вставки с относительно большим шагом и диаметром проволоки ($t/D = 3,1$, $2h/D = 0,435$) [18].

Теплообмен и гидродинамика в каналах, образованных пучками витых труб и в витых трубах определяются конструктивными особенностями этих труб [5].

Течение в пучки витых труб является пространственным [16], т.е. наряду с продольной составляющей вектора скорости здесь имеют место поперечные составляющие скорости, которые значительно увеличивают интенсивность межканального перемешивания в пучке. Высокий уровень турбулентности потока конвективный перенос в масштабе ячейки и организованный перенос в масштабе диаметра пучка, благодаря спиральной закрутке потока витыми трубами являются механизмами, определяющими особенности поперечного перемешивания потока в пучке по сравнению с явлениями переноса в круглой прямой трубе [1, 5, 13-17].

Любое воздействие на жидкостной или газожидкостной поток сопряжено со значительными энергетическими затратами. Поэтому, важным обстоятельством является воздействие на вязкий пристенный слой путем нанесения макрошероховатостей в виде плавно очерченных выступов внутри и канавок снаружи труб.

Объектом исследования являются трубчато-решетчатая насадка из труб с развитой поверхностью теплоотдачи и процесс отвода теплоты реакции в холодильных зонах абсорберов.

Исследования по изучению теплообмена при течении жидкостей в трубчато-решетчатой насадке [18] проводились на экспериментальной установке, представляющей собой циркуляционный контур, работающий в условиях постоянства теплового потока. Основными элементами установки являются экспериментальный участок, холодильник, емкости для холодного и горячего теплоносителей, насосы и соединительные трубы с измерителями расхода и температуры и с регулирующими вентилями.

В качестве экспериментального участка использовались гладкие и спирально-накатанные трубы из нержавеющей стали X18H10T с плавно очерченными канавками снаружи и аналогичными выступами внутри. Экспериментальный участок имел длину $l = 2000$ мм и диаметр $D=20 \times 1$ мм. Шаг размещения турбулизаторов $t/D=0,25-3,0$, относительная глубина канавок составляла $h/S=0,009-0,095$ и число Рейнольдса $Re=(0,25-0,98) \cdot 10^4$. Измерение температуры стенки осуществлялось хромель-копелевыми термопарами с диаметром термоэлектродов 0,1 мм, равномерно распределенными и зачеканенными в трубе: первая и последняя термопара устанавливались на расстоянии от торца трубы с отступом 100 мм, а остальные термопары устанавливались через каждые 150 мм. Погрешности измерения расходов и температур $\pm 2,4$ и $\pm 0,39\%$ соответственно.

В каждом эксперименте проверялся тепловой баланс и тепловые потери в диапазоне изменения режимных параметров не превышали $\pm 3\%$. Экспериментальные данные обрабатывались известными методами.

Обсуждение результатов исследований. Зависимость интенсивности теплообмена Nu от безразмерной относительной глубины h/D плавно очерченных спиральных канавок при абсорбции NH_3 аммонизированным рассолом представлена на рис.1.

Из функциональной зависимости $Nu=f(h/D)$ видно, что увеличение значений относительной глубины турбулизатора h/D перенос тепла возрастает для всех исследованных шагов размещения турбулизаторов t/D .

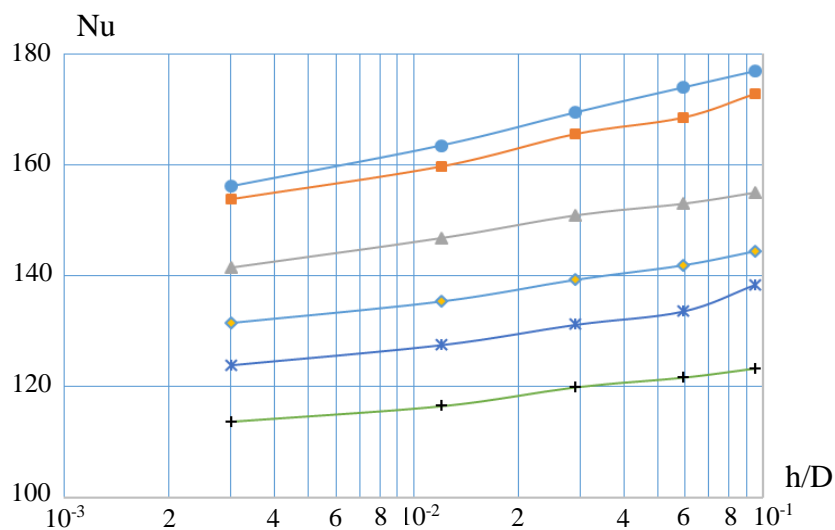


Рис.1. Зависимость интенсивности теплообмена от безразмерной относительной глубины h/D плавно очерченных спиральных канавок при омывании при абсорбции аммиака аммонизированным рассолом.

• - $t/D=0,25$; ■ - $t/D=0,52$; ▲ - $t/D=0,77$; ◆ - $t/D=1,0$; * - $t/D=2,0$; + - $t/D=3,0$.

При числах Рейнольдса соответствующих переходному режиму ($Re=2380$) течения потока и шаге размещения турбулизаторов $t/D=0,77$, с повышением численных значений безразмерной глубины канавок от $h/D=0,003$ до $0,095$ интенсивность теплообмена возрастает с $Nu=141,5$ до $155,1$.

Сравнение экспериментальных данных показывает рост переноса тепла в пределах $1,088-1,13$ раза. Однако, вместе с тем надо отметить и повышение гидравлического сопротивления с ростом переноса тепла, что диктует выявление оптимальных конструктивных параметров нанесения турбулизаторов при использовании в трубчато-решетчатых насадках.

Влияние шага размещения спиральных, плавно очерченных турбулизаторов можно рассмотреть на примере для $h/D=0,095$. Как видно из графика, снижение численных значений безразмерного шага размещения турбулизаторов приводит к увеличению интенсивности теплообмена Nu . Так, при вышеуказанном значении относительной глубины канавки при $t/D=3,0$ значение интенсивности теплообмена $Nu=123,3$, при $t/D=0,77$ величина интенсивности теплообмена $Nu=155,8$, и наконец, при $t/D=0,25$ - $Nu=176,9$. Влияние шага размещения турбулизаторов по длине трубы значительно и интенсификация теплообмена, по сравнению с данными для гладкой трубы составила до $1,43$ раза.

Анализ графика $Nu=f(h/D)$ показывает, с учетом изменения гидравлического сопротивления с ростом глубины канавок (или выступов), что оптимальная область приходится в интервал безразмерной относительной глубины $h/D \approx 0,004-0,08$, в которой интенсивность теплоотдачи больше, чем гидравлическое сопротивление [19]. А если учесть повышение теплоотдачи и внутри труб за счет плавно очерченных выступов, то эффективность от применения спирально-накатанных труб неоспорима.

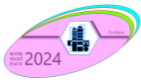
Выводы. Анализ литературных данных и конструкций промышленных абсорберов показал, что в производстве кальцинированной соды абсорбционные колонны в основном состоят из двух зон: абсорбционной и холодильной зон, причем доля холодильной зоны достигает до 45% . Естественно такое соотношение абсорбционной и холодильной зон приводит к неоправданному увеличению высоты абсорбера, делает его громоздким и металлоемким.

Экспериментальными исследованиями в переходном режиме установлено, что использование в трубчато-решетчатых насадках труб с турбулизаторами позволяет интенсифицировать теплообмен до $1,43$ раза. Кроме того, также достигнуто снижение расхода охлаждающей жидкости, так как процесс протекает в переходной области течения теплоносителя. Подобная интенсификация конвективного теплообмена позволяет уменьшить долю холодильной зоны и увеличить долю абсорбционной зоны колонного аппарата.

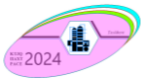
Применение трубчато-решетчатых насадков из труб с развитой поверхностью теплообмена, в частности, спирально-накатанных турбулизаторов имеют следующие достоинства: технология нанесения плавно очерченных турбулизаторов проста; нанесение спиралевидных, плавно очерченных канавок снаружи и аналогичных выступов-турбулизаторов внутри не влияет на наружный диаметр трубы и соответственно технология сборки не меняется; в спирально-накатанных трубах поток жидкости осуществляет не только поступательное, но и вращательное движение; применение подобных труб в химическом аппаратостроении позволит снизить металлоемкость и создать компактные теплообменные устройства и аппараты.

Список литературы

1. Лаптев А.Г., Николаев Н.А., Башаров М.М. Методы интенсификации и моделирования теплообменных процессов. – М.: Теплотехник, 2011. – 335 с.
2. Нурмухамедов Х.С., Темиров О.Ш., Закиров С.Г. ва б. Газларни кайта ишлаш технологияси, жараён ва курилмалари. - Т: Шарк, 2016. - 856 б.



3. Александров Н.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. – М.: Химия, 1978. - 280 с.
4. 90. Гортышов, Ю.Ф. Теплогидравлический расчет и проектирование оборудования с интенсифицированным теплообменом / Ю.Ф. Гортышов, В.В. Олимпиев, Б.Е. Байгалиев. – Казань : Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. - 432 с.
5. Дзюбенко Б.В., Кузма-Кичта Ю.А., Холпанов Л.П. и др. Интенсификация тепломассообмена в энергетике. – М.: ФГУП ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2003. - 232 с.
6. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Мякочин А.С., Копп А.Н. Эффективные теплообменные поверхности. – М.: Машиностроение, 1999.- 423 с.
7. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках.-М.:Наука, 1982.- 472 с.
8. Дульнев Г.Н. Теория тепло- и массообмена. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. - 195 с.
9. Леонтьев А.И., Гортышов Ю.Ф. и др. Разработка фундаментальных основ создания прототипов энергоэффективных теплообменников с поверхностной интенсификацией теплообмена / Труды 4-ой РНК по теплообмену: Интенсификация теплообмена. – М.: МЭИ, 2006. - т.6. - с.253-257.
10. Тарасевич С.Э., Злобин А.В., Яковлев А.Б. Гидродинамика и теплообмен при движении однофазной жидкости в трубах с искусственной шероховатостью // Теплофизика высоких температур, 2015.- т.53.- вып.6.- с.938–952.
11. Анисин А.А. Теплоотдача и аэродинамическое сопротивление поперечно обтекаемых коридорных пучков гладких труб с поверхностью различной формы / Труды 4-ой РНК по теплообмену: Интенсификация теплообмена. – М.: МЭИ, 2006.-т.6.-с.150-154.
12. Патент РУз IAP №06102. Карбонизационная колонна / Нурмухамедов Х.С., Мавланов Э.Т., Закиров С.Г., Каримов К.Ф., Темиров О.Ш. -2019, приор. от 23.12.2019. – ил.5. – с.17.
13. Попов, И.А. Промышленное применение интенсификации теплообмена – современное состояние проблемы (обзор) / И.А.Попов, Ю.Ф.Гортышов, В.В.Олимпиев // Теплоэнергетика, 2012. - №1. - С. 3–14.
14. Bejan, A. Heat Transfer Handbook / A. Bejan, A.D.Kraus. – Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, Inc. - 2003. - 1427 p.
15. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Ярхо С.А. Интенсификация теплообмена в каналах. – М.: Машиностроение, 1983. - 205 с.
16. Интенсификация тепло- и массообмена на макро-, микро- и наномасштабах / Б.В. Дзюбенко и др.; ред. Ю.А. Кузьма-Кичта. – М. : ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2008. - 532 с.
17. Rohsenow, W.M. Handbook of heat transfer / W.M. Rohsenow, J.P. Hartnett, Y.I. Cho. – 3-rd. ed. – N.Y.: Mc.Graw-Hill Professional, 1998. - 1344 p.
18. Мавлонов Э.Т., Нурмухамедов Х.С. и др. Колонные аппараты высокой эффективности. – Т.:ТХТИ, 2019. - 185 с.
19. Светлов Ю.В. Интенсификация гидродинамических и тепловых процессов в аппаратах с турбулизаторами потока. – М.: Энергоатомиздат, 2003. - 304 с.



РОЛЬ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Кулдошева Фируза Салимовна, Ибрагимов Равшан Рустамович

Бухарский инженерно – технологический институт, Узбекистан, Бухара

E-mail: coolfiruz@mail.ru

Аннотация. В настоящее время масло, полученное из семян винограда имеет весьма высокий спрос на рынках мира и используется в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности. Масло виноградных семян является источником флавоноидов – мощных антиоксидантов, к тому же некоторые флавоноиды обладают антимикробными и антибактериальными свойствами. По своему составу масло семян винограда схоже с подсолнечным маслом, а по пищевой ценности может конкурировать с соевым, подсолнечным и кукурузным маслами.

ABSTRACT. Currently, Grape seed oil has a very high demand in the markets of the world and is used in the food, cosmetic and pharmaceutical industries. Grape seed oil is a source of flavonoids, powerful antioxidants, and some flavonoids also have antimicrobial and antibacterial properties. In its composition, grape seed oil is similar to sunflower oil, and in nutritional value it can compete with soybean, sunflower and corn oils.

Ключевые слова: виноград, семена винограда, переработка, вторичное сырьё, экстракт, виноградное масло.

Keywords: grapes, grape seeds, processing, secondary raw materials, extract, grape oil.

Введение. Виноград — одно из самых древних растений, используемых человеком. Это — многолетняя деревянистая вьющаяся лиана семейства виноградных. Плоды — зеленые или темно-красные ягоды, очень сочные, собранные в крупные гроздья.

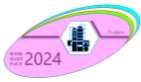
Виноград – это фрукт с истинным вкусом, возможно, самый потребляемый во всем мире. Он может расти до десятков метров и, любит умеренный климат. Есть три типа винограда: красный, зеленый и черный. В зависимости от цвета винограда, вкус меняется, например, зеленый виноград немного кислый, красный виноград сладкий. Виноград широко используется во многих областях, от косметики и средств по уходу до джемов и напитков. Виноград очень полезен для здоровья. Виноград богат белком и содержит много клетчатки. Виноград также содержит фолаты, ниацин, пантотен и пиридоксин, рибофлавин, тиамин, а также богат калием, натрием, кальцием, медью, марганцем, железом, магнием, цинком, каротином- α , каротином- β , крипто-ксантином, лютеином-зеаксантином.

Про пользу винограда знали еще в Древней Греции – мудрые греки в свое время лечили этой ягодой многие заболевания и поддерживали общий тонус организма.

В настоящее время известно много полезных свойств винограда. Например, он полезен при лечении астмы, может предотвращать образование тромбов, избавляет от запоров и других проблем с желудочно-кишечным трактом. Богат виноград и антиоксидантами – поддерживает силы организма и замедляет старение.

Методы исследования. Виноград Узбекистана занимает одно из особых мест среди других культур, выращиваемых в Центральной Азии. Природно-климатические и почвенные условия содействуют выращиванию здесь сортов, характеризующихся сильным ростом кустов, крупными и нарядными гроздьями, и ягодами с хорошими вкусовыми качествами. Поэтому местные сорта являются основной базой выращивания столового винограда для удовлетворения потребностей, возрастающих среди населения республики и поставки на экспорт. Широкое использование лучших местных сортов в производство улучшит разнообразие виноградных разведений республики и преимущественно снабдит население страны ценным продуктом питания.

На сегодня виноградарство не утратило своей значимости, а виноград все также пользуется повышенным спросом и распространенностью. Нынче развитию виноградарства уделяется повышенное внимание со стороны государства. Принимаемые программы направлены на расширения площадей под виноградники, на увеличение



урожайности и рациональное снижение ресурсных издержек путем введения новейших техник и технологий.

Научные и инновационные достижения играют важную роль в решении таких важных задач, как реформирование экономики, внедрение в производство современных технологий, модернизация, техническое и технологическое обновление предприятий.

В частности, в нашей стране предусмотрено развитие интенсивного садоводства и виноградарства за счет разведения высокоурожайных, скороспелых карликовых и полукарликовых садов и виноградников на основе внедрения современных агротехнологий. Предусматривается, что ежегодно 10% имеющихся низкорентабельных садов и виноградников (26,4 тыс. га садов и 14,1 тыс. га виноградников) будут переводиться на интенсивные методы современных агротехнологий [1].

В развитии виноградарства Республики, особая роль отводится дехканским хозяйствам и приусадебным участкам населения отдельных регионов. Это Паркентский, Алтыарыкский, Алтынсайский, Ургутский, Кошрабатский, Булунгурский, Иштыханский и Хатырчинский районы, которые имеют большой опыт по интенсивному возделыванию винограда.

В Узбекистане виноградарство развивается равномерно в трех направлениях. Размещение виноградных плантаций осуществляется с учетом потребности винограда в свежем виде, сушке и промпереработке. Из существующих виноградников 43% составляют столовые, 29% технические и 28% кишмишные сорта.

Еще одна важная задача, которую успешно решают многие ученые, – использование отходов переработки – вторичного сырья. Эффективны и научные поиски по получению вторичного сырья в сфере сельского хозяйства. Например, хорошо известно, что в составе семян винограда содержатся различные микроэлементы, антиоксиданты и масла. Современная технология позволяет получать из отходов переработки винограда ряд натуральных веществ, которые можно использовать в пищевой промышленности.

Весьма перспективным и плодотворным источником комплекса биологически-активных веществ растительного происхождения является вторичное сырье, образующееся при переработке винограда.

Отходы переработки винограда - составные части виноградной грозди и ягоды, не вошедшие в готовый продукт (вино, виноградный сок, вакуум-сусло и др.), но пригодные для дальнейшего использования (утилизации). К ним относятся гребни, выжимка, дрожжи, семена, винасс (барда от перегонки на спирт вина, *выжимок и дрожжей*), осадки, выпадающие из вакуум-сусла и бекмеса.

На винодельческих заводах из отходов переработки винограда получают только спирт и виннокислотное сырье (виннокислая известь, винный камень, сухие дрожжи), из которых на специальных заводах вырабатывают винную кислоту.

Из выжимки, дрожжей и семян можно вырабатывать еще ряд ценных продуктов - танин (эзотанин), виноградное масло, энантовый эфир [2].

Вторичные продукты, получаемые из отходов переработки винограда, имеют большое хозяйственное значение. Так, из виноградных выжимок винограда производят уникально важную для народного хозяйства винную кислоту, из выжимок винограда — превосходный ценнейший пищевой краситель, из семян винограда— виноградное масло и кормовой жмых [3].

Виноградные семена считались бесполезным побочным продуктом винодельческих и соковых предприятий в течение многих столетий. Однако эту ситуацию пересмотрели когда стала известна польза масла виноградных семян, появились идеи косметического и лечебного применения масла.

Ученые пришли к выводу, что химический состав семян винограда представляет собой самую настоящую кладь чистейших природных витаминов: полный спектр витаминов (особенно E и группа B), микро- и макроэлементы (калий, кальций, натрий, селен), жирные кислоты, протеин, флавоноиды, дубильные вещества, которые играют

существенную роль в жизненно важных процессах, которые непрерывно происходят в человеческом организме.

Виноград — основа еще одного изумительного продукта – **масла семян**, которого начали добывать в Египте и Древней Греции за несколько тысячелетий до нашей эры.

Способы получения виноградного масла имеют свои необычные особенности и, прежде всего, они связаны с тем, что семена винограда являются вторичными сырьевыми ресурсами, которые остаются после получения из винограда компотов, маринадов, соков и других продуктов [4].

Развитие здоровой конкурентной среды и создание благоприятных условий для расширения производства широкого ассортимента масложировой продукции, искоренение имеющихся системных проблем в данной отрасли являются важнейшими условиями насыщения рынка качественной, безопасной, доступной продовольственной продукцией и обеспечения продовольственной безопасности страны в целом [6].

Виноградное масло, как и экстракт косточек винограда, получают из семян винограда. Плоды, семена и листья винограда использовались во многих целебных средствах на протяжении многих веков разными народами благодаря своим питательным и лечебным свойствам. Ныне **масло семян винограда**, нашло свое широкое применение в кулинарии, медицине и косметологии.

Масло семян винограда обладает широким спектром действия:

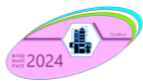
- регулярное использование косметических средств на основе виноградного масла предотвращает появление купероза, целлюлитных отложений, появления излишней жирности кожи;
- антиоксидантные свойства защищают кожу от преждевременного старения, ультрафиолетовых лучей, создавая надежный барьер;
- продукт легко впитывается, не оставляя жирных пятен, ощущения липкости;
- масло освежает, тонизирует кожу, повышает упругость, тургор, значительно ускоряет регенерационные процессы, способствует заживлению царапин, ран;
- шампуни с виноградным маслом улучшают состояние волос, возвращают локонам упругость, шелковистый блеск, мягкость;
- улучшает цвет кожных покровов, возвращает здоровый, красивый внешний вид, способствует быстрому отшелушиванию отмерших клеток и оказывает легкое отбеливающее действие.

В нашей Республике имеется всё необходимое для достижения экономического прорыва за счет благоприятных природно-климатических условий и высокого уровня конкуренции сельских трудовых ресурсов. Решено повысить уровень промышленной переработки винограда и освоить технологии переработки вторичных продуктов виноделия (виноградных выжимок, гребней, дрожжевых и гущевых осадков), которые составляют до 20% от количества перерабатываемого винограда. Отходы консервного производства – семена и кожица винограда также являются весьма ценным сырьем для получения целого ряда продуктов.

Заключение. Таким образом, виноградарство и продукции его переработки является высокодоходной, интенсивной и обеспечивающей основную часть бюджетного дохода отраслю агропромышленного производства. Выращивание и переработка винограда обеспечивает максимальное количество рабочих мест по сравнению с другими культурами.

На сегодняшний день актуальным направлением исследования является разработка новых и совершенствование существующих технологий получения и переработки нетрадиционного маслосодержащего растительного сырья, позволяющих получить масла высокой пищевой и биологической ценности [5].

Разработка новых технологических решений и инновационных биотехнологических методов получения продуктов из вторичного сырья является одной из приоритетных задач пищевой промышленности. Исследования литературных источников показывают

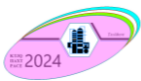


целесообразность и перспективность разработки новых экологических биотехнологий в винодельческой отрасли.

Природные условия нашего Узбекистана являются очень благоприятными для выращивания винограда и позволяют производить его в промышленных масштабах, что положит основу для производства продуктов питания с повышенной пищевой и биологической ценностью [6].

Список литературы:

1. Разуваев Н. И., Вулихман А. А. Переработка вторичного сырья виноделия. М., 1961.
2. Синявская Л.В., Калманович С.А., Мартовщук В.И., Бабушкин А.Ф., Кравчук Н.С. Виноградные семена - важное сырье для масложировой промышленности. // Известия вузов. Пищевая технология, 2003, №2-3. С.26-27.
3. Назарько М.Д., Степура М.В., Алешин В.Н., Щербаков В.Г. Отходы виноделия - перспективное сырье для получения биологически активных веществ // Известия вузов. Пищевая технология, 2011, № 1. – С. 7-9.
4. Нарзиев М.С., Кулдашева Ф.С. Системный анализ процесса подготовки семян винограда к прессованию (получению масла). // Международная научная конференция «Инновационные решения инженерно-технологических проблем современного производства», Бухара -2019, ноябрь с. 393-395.
5. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-3484 от 19 января 2018 О мерах по ускоренному развитию масложировой отрасли.
6. Ibragimov R.R., Kuldosheva F.S. The possibility of using ultra-high-frequency energy in the technologies of sterilization of plant raw materials. *Universum. Технические науки* 11 (116). Noy.2023
7. Ibragimov R.R., Sharipov N.Z., Narziyev M.S. Analysis of product processing at extremely high frequency. In Volume 4, Issue 10 of *Web of Scientist: International Scientific Research Journal (WoS)* Oct. 2023.
8. Ибрагимов Р.Р. Стерилизация плодов и овощей в свч поле. Международная научно практическая конференция «Наука и инновационные технологии в производстве продуктов питания», Бухара 21-22 октябрь 2022 г., с. 312-315
9. Кулдашева Ф.С., Ибрагимов Р.Р. Тенденции переработки вторичного сырья (семян винограда) / *Universum: Технические науки.* 11(80). Ноябрь, 2020 г. С. 75-77.
10. Sharipov N.Z., Kuldosheva F.S., Jumaev J. Research of the Effect of Factors on the Process of Separation of Shadow Seeds from the Peel/ *Journal Eurasian Research Bulletin, Volume 7, Pages 86-91.*



**ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОДЫ НА
ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
INFLUENCE OF THE LEVEL OF PROCESS WATER PREPARATION ON THE
ENVIRONMENTAL SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE TEXTILE
INDUSTRY**

Галиева Д.Д.¹, Незамаев С.В.¹, Петухова Е.В.¹

¹Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия, e-mail:
petukhova.e.v@muctr.ru, petevg40@gmail.com

Аннотация: Рассмотрены препараты подготовки технологической воды для текстильной промышленности. Исследовано влияние вводимых органических препаратов различной химической природы на качество подготовки технологической воды из разных источников. Исследованы модельные составы воды с повышенным содержанием ионов металлов различной концентрации в технологии водоподготовки. Исследованы новые подходы подготовки технологической воды для технологических процессов крашения текстильных материалов из волокон различной природы. Показано снижение концентрации ионов металлов в исследуемых водных источниках. Определено, что применяемые органические препараты для подготовки технологической воды, вводимые непосредственно в условиях производственного процесса, повышают качество готовой продукции и снижают содержание красителей в сточных водах. Установлено, что применение органических препаратов для связывания ионов металлов при водоподготовке обеспечивает высокий уровень подготовки технологической воды. Проведен сравнительный анализ подготовки технологической воды препаратами различной химической природы и определено влияние качества водоподготовки на качество текстильных материалов. Показано, что исследования позволяют осуществить выбор препаратов и усовершенствовать технологические способы водоподготовки и позволят повысить экологическую безопасность текстильной промышленности.

Abstract: Preparations of process water treatment for textile industry are considered. The influence of introduced organic preparations of different chemical nature on the quality of process water preparation from different sources is investigated. Model compositions of water with increased content of metal ions of different concentrations in water treatment technology are investigated. New approaches of process water preparation for technological processes of textile materials dyeing from fibres of different nature are investigated. Reduction of metal ions concentration in the investigated water sources is shown. It is determined that the applied organic preparations for preparation of technological water, introduced directly in the conditions of the production process, increase the quality of finished products and reduce the content of dyes in waste water. It is established that the use of organic preparations for binding metal ions in water treatment provides a high level of process water preparation. The comparative analysis of process water treatment by preparations of different chemical nature is carried out and the influence of water treatment quality on the quality of textile materials is determined. It is shown that researches will allow to choose preparations and to improve technological methods of water treatment and will allow to increase ecological safety of textile industry.

Ключевые слова: водоподготовка, технологическая вода, текстильная промышленность, экологическая безопасность, технологические процессы, текстильные материалы.

Key words: water treatment, process water, textile industry, environmental safety, technological processes, textile materials.

Введение. Запасы пресной воды, пригодной для хозяйственно-бытовой деятельности, с каждым годом сокращаются, происходит качественное изменение состава воды. Для нужд городов и промышленных предприятий необходимо большое количество воды, соответствующей определенным стандартам качества. Для промышленных предприятий необходима специальная водоподготовка [1,2].

Основное водопотребление приходится на отделочное производство текстильной промышленности, так как технологические процессы в нем осуществляются в водной среде. Огромные количества воды используются в процессах промывки ткани на различных этапах ее отделки. Удельные расходы воды колеблются от 100 до 300-400 м³ на тонну ткани, составляя для хлопчатобумажных тканей до 200-210 м³/т, для шелковых – от 100 до 180 м³/т, для шерстяных – до 300-400 м³/т [2,3].

Большое значение имеет подготовка воды в отделочном производстве текстильной промышленности. Качество водоподготовки, имеет большое значение в крашении. Соли

кальция, магния, меди и железа не должны присутствовать в технологической воде. Катионы, обуславливающие жесткость воды, образуют нерастворимые кальциевые и магниевые соли с красителями, что приводит к браку в виде темных окрашенных пятен на поверхности текстильного материала. Катионы меди и железа способны комплексно связываться с функциональными группировками отдельных марок красителей и изменять оттенок окраски [3]. В связи с этим воду при технологических процессах необходимо умягчать. Умягчение воды проводят на территории предприятий текстильной промышленности, что требует определенных затрат. Процесс умягчения воды непосредственно в технологии отделки текстильных материалов позволит снизить эти затраты с получением высококачественной продукции [6].

Методы исследования и полученные результаты. В работе проведен сравнительный анализ подготовки технологической воды различными препаратами-умягчителями, и влияние качества водоподготовки на качество текстильных материалов. Как известно, подготовка технологической воды влияет на качество окрасок полифункциональными красителями текстильных материалов [4], поэтому представляет интерес исследовать воду из разных источников: вода из магистрального водопровода г. Москвы, ГОСТ Р 51232-98; модельные технологические воды, содержащие повышенное количество ионов цинка и железа; модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество смесей ионов цинка и железа; дистиллированная вода, ГОСТ Р 58144—2018.

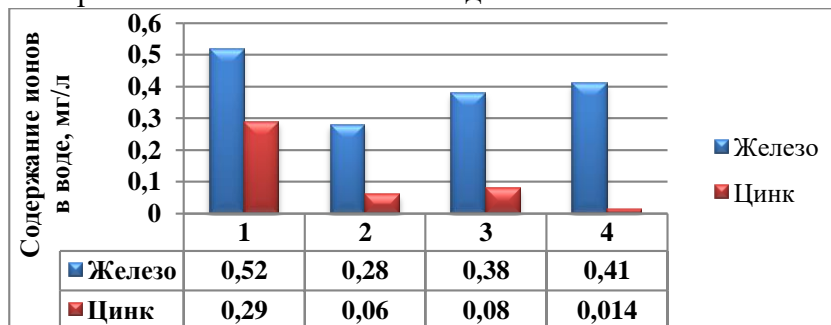
Определение состава технологических вод проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) на приборе «ААС 3» при резонансной линии $\lambda=248,3$ нм. с шириной щели $\lambda=0,2$ нм. Результаты данных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 Показатели исходной технологической воды

| Тип воды | Fe ³⁺ , мг/л | Mn ²⁺ , мг/л | Cu ²⁺ , мг/л | SO ₄ ²⁻ , мг/л | PO ₄ ³⁻ , мг/л | Cl, мг/л | Zn ²⁺ , мг/л |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------|-------------------------|
| Вода из магистрального водопровода г. Москвы, ГОСТ Р 51232-98 | 0,52 | 0,02 | 0,001 | 33 | 0,008 | 28,28 | 0,29 |
| Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов цинка | 0,52 | 0,07 | 0,017 | 31,4 | 0,071 | 12,12 | 35,29 |
| Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов железа | 35,52 | 0,09 | 0,49 | 32,6 | 0,085 | 12,53 | 1 |
| Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество смеси ионов цинка и железа | 40,12 | 0,11 | 1,05 | 35 | 0,091 | 12,53 | 39,84 |
| Дистиллированная вода | 0,003 | 0,007 | 0 | 0,12 | 0,002 | 0,1 | 0,002 |

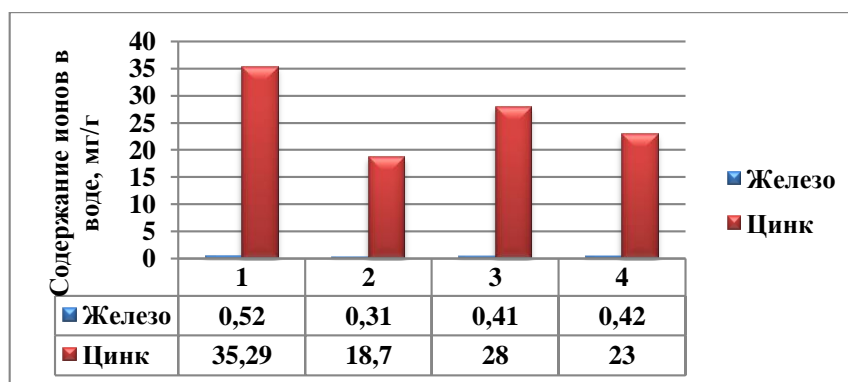
Для умягчения воды в работе исследовались препараты: безтензидный комплексный образователь на основе органических кислот (анионоактивный), раствор фосфорной кислоты (анионоактивный), комплексообразующий агент поверхностный полимерный модификатор (анионоактивный).

На рисунках 1,2,3,4 представлены изменения содержания ионов железа и цинка до обработки и после обработки технологической воды.



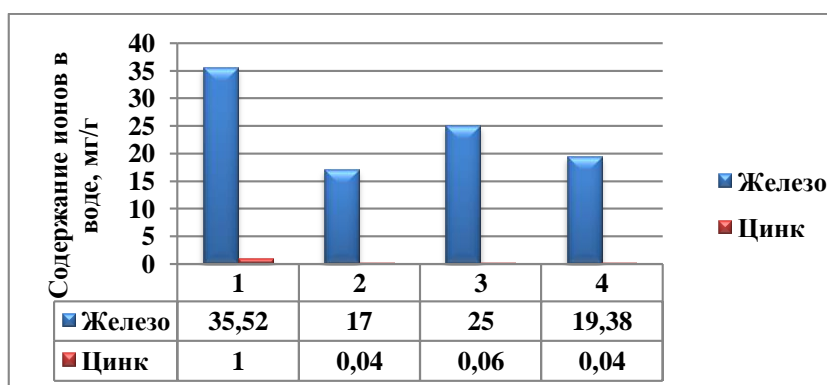
- 1-Вода из магистрального водопровода г. Москвы, ГОСТ Р 51232-98 до обработки
 2-Вода из магистрального водопровода г. Москвы, ГОСТ Р 51232-98 после до обработки препаратом на базе комплексообразующий агент поверхностный полимерный модификатор (анионоактивный)
 3-Вода из магистрального водопровода г. Москвы, ГОСТ Р 51232-98 после до обработки препаратом на базе раствор фосфорной кислоты (анионоактивный)
 4-Вода из магистрального водопровода г. Москвы, ГОСТ Р 51232-98 после до обработки препаратом на базе безтензидный комплексный образователь на основе органических кислот (анионоактивный)

Рисунок 1 – Изменение состава воды из магистрального водопровода г. Москвы соответствующая ГОСТ Р 51232-98 до и после обработки.



- 1- Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Zn^{2+} до умягчения
 2- Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Zn^{2+} после умягчения препаратом на базе комплексообразующий агент поверхностный полимерный модификатор (анионоактивный)
 3- Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Zn^{2+} после умягчения препаратом на базе раствор фосфорной кислоты (анионоактивный)
 4- Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Zn^{2+} после умягчения препаратом на базе безтензидный комплексный образователь на основе органических кислот (анионоактивный)

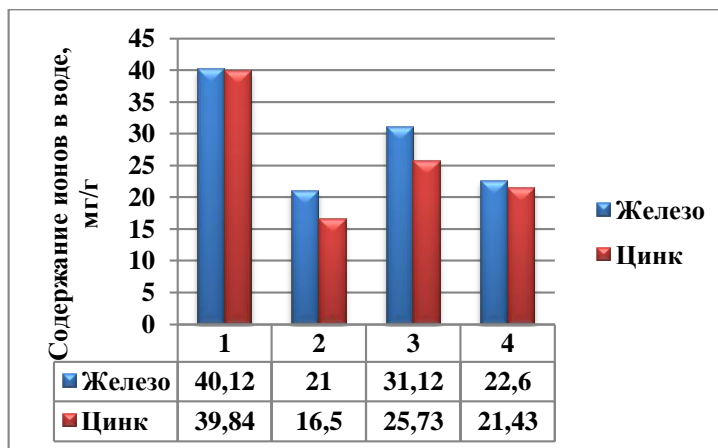
Рисунок 2 – Изменение состава модельной технологической воды, содержащая повышенное количество ионов цинка до и после обработки



- 1- Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Fe^{3+} до обработки

- 2- Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Fe^{3+} после обработки препаратом на базе комплексообразующий агент поверхностный полимерный модификатор (анионоактивный)
- 3- Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Fe^{3+} после обработки препаратом на базе раствор фосфорной кислоты (анионоактивный)
- 4- Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Fe^{3+} после обработки препаратом на базе безтензидный комплексный образователь на основе органических кислот (анионоактивный)

Рисунок 3 – Изменение состава модельной технологической воды, содержащая повышенное количество ионов железа до и после обработки



- 1- Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Zn^{2+} и Fe^{3+} до умягчения
- 2- Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Zn^{2+} и Fe^{3+} после умягчения препаратом на базе комплексообразующий агент поверхностный полимерный модификатор (анионоактивный)
- 3- Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Zn^{2+} и Fe^{3+} после умягчения препаратом на базе раствор фосфорной кислоты (анионоактивный)
- 4- Модельная технологическая вода, содержащая повышенное количество ионов Zn^{2+} и Fe^{3+} после умягчения препаратом на базе безтензидный комплексный образователь на основе органических кислот (анионоактивный)

Рисунок 4 – Изменение состава модельной технологической воды, содержащая повышенное количество ионов Zn^{2+} и Fe^{3+} до и после реагентного умягчения

Из диаграмм следует, что препарат на базе безтензидный комплексный образователь на основе органических кислот (анионоактивный) является наилучшим для умягчения технологических вод.

В данной работе также проводили определение влияния природы вводимых препаратов на процент связывания ионов цинка и железа. Для определения эффективности исследуемых препаратов был рассчитан процент связывания ионов цинка и железа в модельных водах. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние природы вводимых препаратов на процент связывания ионов Zn^{2+} и Fe^{3+}

| Модельная вода | Концентрация ионов Zn^{2+} , мг/л | % связывания ионов Zn^{2+} | Концентрация ионов Fe^{3+} , мг/л | % связывания ионов Fe^{3+} | Концентрация ионов Zn^{2+} и Fe^{3+} , мг/л | % связывания ионов Fe^{3+} и Zn^{2+} |
|---|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|---|--|
| Препарат на базе безтензидный комплексный образователь на основе органических кислот (анионоактивный) | 12,2 | 33,2 | 19 | 61,4 | 31,2 | 94,6 |
| Препарат на базе раствор фосфорной кислоты | 10,2 | 20 | 13,5 | 45,7 | 23,7 | 65,7 |

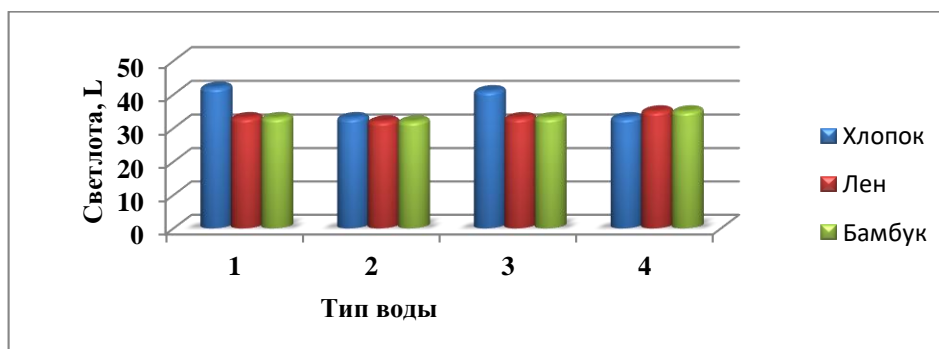
| | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|
| (анионоактивный) | | | | | | |
| Препарат на базе комплексобразующий агент поверхностный полимерный модификатор (анионоактивный) | 12,7 | 16,6 | 11,5 | 67,1 | 24,2 | 83,7 |

По данным таблицы следует, что препарат на базе безтензидный комплексный образователь на основе органических кислот (анионоактивный) более эффективен, т.к. имеет наибольший процент связывания ионов железа и цинка по сравнению с другими препаратами, что согласуется с данными работами [3].

Исследование влияния водоподготовки на качество крашения текстильных материалов осуществляли по технологии крашения активными полифункциональными красителями [7,8].

Исследования проводили на следующих текстильных материалах: бязь арт. 262, ГОСТ 29298-92; лен арт. 05132, ГОСТ 9394-76; бамбуковое волокно арт.3782, ГОСТ Р 51554-99. В работе исследовали влияние препаратов на цветовые характеристики окрасок исследуемых текстильных материалов.

Сравнительный анализ влияния типа технологической воды на цветовые характеристики окрасок [9] показал, что препарат безтензидный комплексный образователь на основе органических кислот (анионоактивный) [3] является наилучшим препаратом для умягчения технологически вод, используемых при крашении и отделки текстильных материалов красильно-отделочного производства текстильной промышленности. На рисунках 5, 6 представлены цветовые характеристики окрашенных материалов от типа подготовки технологической воды.



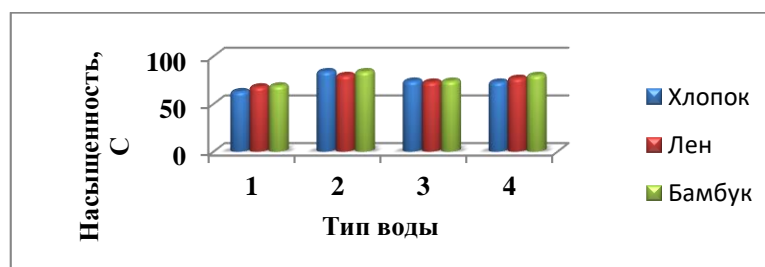
1-Дистиллированная вода

2-Препарат на базе комплексобразующий агент поверхностный полимерный модификатор (анионоактивный)

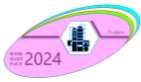
3-Препарат на базе раствор фосфорной кислоты (анионоактивный)

4-Препарат на базе безтензидный комплексный образователь на основе органических кислот (анионоактивный)

Рисунок 5 - Значение светлоты окрасок текстильных материалов, окрашенных активными красителями от условий подготовки технологической воды



1-Дистиллированная вода



- 2-Препарат на базе комплексобразующий агент поверхностный полимерный модификатор (анионоактивный)
- 3-Препарат на базе раствор фосфорной кислоты (анионоактивный)
- 4-Препарат на базе безтензидный комплексный образователь на основе органических кислот (анионоактивный)

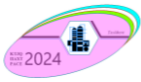
Рисунок 6 – Значение насыщенности окрасок текстильных материалов, окрашенных активными красителями от условий подготовки технологической воды

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что препарат на базе безтензидный комплексный образователь на основе органических кислот (анионоактивный), является наилучшим препаратом для умягчения технологических вод используемых при крашении и отделки текстильных материалов красильно-отделочного производства текстильной промышленности. Процесс обработки препаратами повышает процент зафиксированного красителя на ткани и снижает его содержание в промывных сточных водах, снижая общую нагрузку на промышленные сточные воды предприятия.

Заключение. Применение предложенных органических препаратов для подготовки технологической воды, непосредственно в условиях технологического процесса, является новым в направлении подготовки технологической воды для технологических процессов в крашении текстильных материалов. Результаты исследования позволят осуществить выбор препаратов для повышения качества подготовки технологической воды в производстве текстильных материалов и усовершенствовать технологические способы водоподготовки, что повысит экологическую безопасность красильно-отделочного производства текстильной промышленности.

Список литературы

1. Сафонов В.В., Третьякова А.Е., Пыркова М.В., Меньшова И.И., Панкратова Е.В. Химическая технология в искусстве текстиля. - НИЦ ИНФРА-М, 2016 – 351с.
2. Отделка хлопчатобумажных тканей: Справочник/Под ред. Б.Н. Мельникова – Иваново: Изд. «Талка», 2003
3. Меньшова И.И. Реагентное умягчение технологических вод и очистка стоков текстильных производств сорбентами на основе клиноптилолита. современные задачи инженерных наук сборник научных трудов Симпозиума и Международного научно-технического Форума. РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017, 195-198 с.
4. Карозина Ю.А., Меньшова И.И., Сафонов В.В. Влияние уровня подготовки технологической воды на качество окрасок полифункциональными красителями текстильных материалов. технологии и материалы в производстве инновационных потребительских товаров Сборник научных статей к 80 - летию со дня рождения В.А. Фукина. Том Часть 1. Москва, МГУДТ, 2015.
5. Алексеев Л.С. Контроль качества воды: Учебник. – 3-е изд., перераб. Доп.- М.: ИНФРА – М, 2004.
6. Водоподготовка: Справочник. / Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликов. М.: Аква-Терм, 2007. -240с.
7. Синтетические красители для текстильной промышленности, Интерхим 2.М.: 2007.
8. Сафонов В.В., Журавлева Н.В., Коновалова М.В., Меньшова И.И., Панкратова Е.В. Практикум по химической технологии отделочного производства. - М. 2008 – 595 с.
9. Н. В. Журавлева, М. В. Коновалова, М. А. Куликова Колорирование текстильных материалов. - Москва: МГТУ им. А. Н. Косыгина: Совъяз Бево, 2007. – 359с.



ФЛОТАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СМЕСИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА И ПОЛИФЕНИЛЕНСУЛЬФИДА

FLOTATION SEPARATION OF MIXTURE OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE AND POLYPHENYLENE SULPHIDE

А.А. Ковалева¹, П.С. Кулевец², Е.Г. Федарович³, А.Э. Левданский⁴

¹Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: nastya.covaleva1969@mail.ru.
orcid. 0000-0002-7858-7150, тел: + 375445585809

²Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: polinka.kulevets@mail.ru.
тел: + 375447498613

³Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: zhenya.fedorovich.1999@mail.ru.
orcid. 0000-0002-2137-1260, тел: + 375295618241

⁴Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Беларусь, e-mail: alex_levdansky@mail.ru.
orcid. 0000-0003-2684-7771, тел: +375336007709

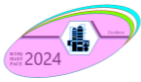
Аннотация: в работе представлен способ флотационного разделения полиэтилентерефталата (ПЭТФ) и полифениленсульфида (ПФС). ПЭТФ и ПФС являются двумя разными типами полимеров, которые за счет своих уникальных характеристик нашли применение в различных сферах промышленности. Эти материалы особенно ценятся за их свойства в областях медицины, машиностроения и производства бытовых приборов. В электронной и электротехнической отраслях эти материалы применяются для изготовления изоляционных элементов и компонентов, которые могут выдерживать высокие температуры и электрические нагрузки. Разработка эффективных методов классификации и сортировки смешанных пластиковых отходов становится все более актуальной задачей в контексте их массового применения и необходимости их переработки. Исследования проводились во флотационной колонне периодического действия с пневматической аэрацией рабочего раствора. В качестве флотационного реагента использовалась смесь поверхностно-активных веществ различной природы: анионное – лаурет-3 сульфосукцинат натрия и неионогенное – полисорбат 80. Результаты исследований показали, что при концентрации 2,5 мг/дм³ Setasin и 5,0 мг/дм³ ТВИН 80 в рабочем растворе эффективность разделения смеси исследуемых пластмасс достигает 95%. Результаты исследования могут быть использованы для разработки промышленных технологий переработки пластиковых отходов, что способствует улучшению экологической обстановки и сокращению отходов.

Annotation: The paper presents a method of flotation separation of polyethylene terephthalate and polyphenylene sulfide. PET and PPS are two distinct types of polymers that, due to their distinctive properties, have been employed in a multitude of industrial applications. These materials are particularly valued for their properties in the fields of medicine, mechanical engineering and household appliances. In the electronic and electrical industries, these materials are used to manufacture insulating elements and components that can withstand high temperatures and electrical loads. The development of effective methods for the classification and sorting of mixed plastic waste is becoming an increasingly urgent task in the context of their mass application and the need for recycling. The studies were conducted in a batch flotation column with the working solution subjected to pneumatic aeration. A flotation reagent comprising a mixture of surfactants of differing natures was employed: anionic (sodium laureth-3 sulfosuccinate) and non-ionogenic (polysorbate 80). The findings of the research demonstrated that at a concentration of 2.5 mg/dm³ Setasin and 5.0 mg/dm³ TWIN 80 in the working solution, the separation efficiency of the investigated plastics mixture reached 95%. The results of the research can be utilised for the advancement of industrial technologies pertaining to plastic waste processing, which contributes to the enhancement of the environmental situation and reduction of waste.

Ключевые слова: пенная флотация, полиэтилентерефталат, полифениленсульфид, поверхностно-активные вещества, концентрация, эффективность

Key words: froth flotation, polyethylene terephthalate, polyphenylene sulfide, surfactants, concentration, efficiency

Введение. В области переработки пластмасс, разделение смешанных типов является ключевым этапом, который гарантирует чистоту и качество материалов для их последующей переработки. Смешанные пластмассы, собранные из разнообразных источников отходов, представляют собой сложную задачу для их разделения, из-за



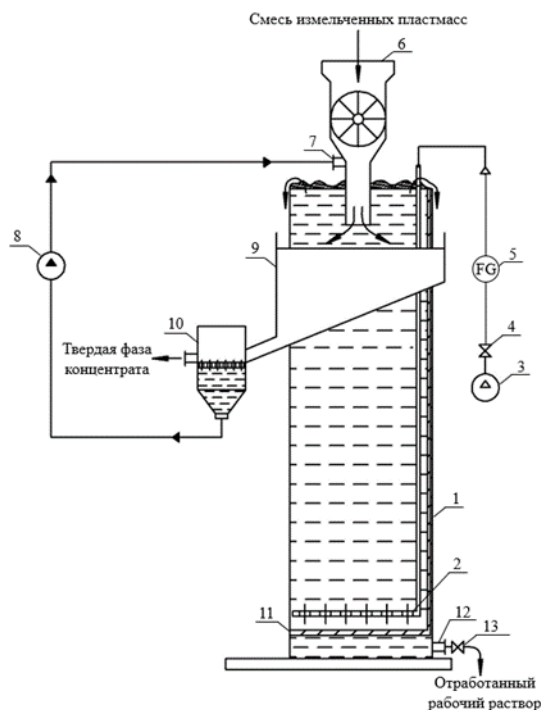
различных технических характеристик и примесей. Возвращение ценности этим материалам требует их эффективной сортировки. Ключевым моментом является эффективная сортировка, которая позволяет повторно использовать материалы, возвращая им ценность. Существует множество методов сортировки, от ручной до полностью автоматизированных систем. Одним из самых эффективных и универсальных является метод флотации, который выделяется среди других технологий благодаря своим преимуществам. Он особенно ценен при работе с пластмассами разной плотности, что часто является проблемой на этапах переработки. Процесс флотации также применим для разделения смесей пластмасс с небольшой разницей в плотности, благодаря использованию поверхностно-активных веществ (ПАВ). Молекулы ПАВ адсорбируются на поверхности пластмасс, изменяя их гидрофильные свойства. При этом, выбор ПАВ должен быть особенно внимательным, чтобы соответствовать типу перерабатываемого пластика. Интересно, что взаимодействие разных типов ПАВ может усилить процесс флотации благодаря синергетическому эффекту [1]. Такие инновации могут оказать значительное влияние на индустрию рециклинга, предоставляя пути для создания более продуктивных и экономически выгодных методов сортировки.

Цель работы заключалась в разработке способа сортировки смеси полиэтилентерефталата и полифениленсульфида методом флотации с применением поверхностно-активных веществ.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследования использовались цилиндрические частицы двух типов пластмасс: полиэтилентерефталата, соответствующего стандарту ГОСТ Р 51695-2000 [2], и полифениленсульфида, отвечающего техническим условиям ТУ 2224-001-86535236-2016 [3]. Длина частиц составляла от 3 до 4 мм и диаметр – от 2 до 3 мм. Плотность материалов составляла 1390 ± 10 кг/м³ для полиэтилентерефталата и 1370 ± 10 кг/м³ для полифениленсульфида, что способствовало созданию стандартизированных и однородных условий для экспериментов.

В состав используемых поверхностно-активных веществ (ПАВ) входили полисорбат 80 и лаурет-3 сульфосукцинат натрия. Лаурет-3 сульфосукцинат натрия (Setasin 103, производства компании «Zschimmer&Schwarz», Италия) является анионным поверхностно-активным веществом и представляет собой прозрачную бесцветную жидкость с вязкостью примерно 220 мПа·с при температуре 25°C, с химической формулой – C₁₂H₂₅SO₄Na. Полисорбат 80 (ТВИН 80, произведенный компанией «АиС», Россия) – неионогенное ПАВ, которое обладает консистенцией вязкой маслянистой жидкости светло-желтого цвета и вязкостью около 450 мПа·с при 25°C. Химическая формула вещества – C₆₄H₁₂₄O₂₆.

Лабораторные исследования проводились на флотационной установке периодического действия с пневматической аэрацией рабочего раствора, схема которой представлена на рис. 1.



1 – колонна; *2* – спиралевидный аэратор; *3* – компрессор; *4* – вентиль для подачи воздуха; *5* – ротаметр; *6* – ячейковый питатель; *7* – патрубок подачи рабочего раствора; *8* – насос; *9* – сливной желоб; *10* – сепаратор концентрата; *11* – съемная решетка; *12* – патрубок слива отработанного рабочего раствора; *13* – вентиль для слива отработанного рабочего раствора

Рисунок 1 – Схема лабораторной флотационной колонны с пневматической аэрацией

Флотационная колонна *1*, изготовленная из прозрачного оргстекла, заполнялась раствором поверхностно-активного вещества (ПАВ). Массу ПАВ определяли с использованием аналитических весов OHAUS RV 214 производства OHAUS Corporation, Китай, с точностью измерения до 0,1 мг. Температуру раствора определяли с помощью термометр HI 98509 Checktemp 1 (Hanna Instruments, Румыния). Для равномерного распределения пузырьков воздуха по поперечному сечению аппарата в его нижней части установлен аэратор *2*, выполненный в виде спирали с отверстиями диаметром 0,33 мм и шагом 2,5–3,0 см. Воздух подавался в колонну через аэратор с помощью компрессора *3* (ABAC Pole Position 300 (Abac, Италия), который характеризовался производительностью 300 л/мин и рабочим давлением до 8 бар). С помощью вентилей *4* и ротаметра *5* (PM-ГС/0,25, который обеспечивал точность измерения до $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{ч}$ с возможной погрешностью $\pm 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{ч}$) регулировался расход воздуха. Смесь пластмасс загружалась через ячейковый питатель *6*, расположенный в верхней части колонны, при этом глубина погружения патрубка питателя в раствор составляет $(3 \pm 0,5)$ см. Для отвода пенного концентрата методом слива предусмотрена постоянная циркуляция рабочего раствора. Чтобы предотвратить накопление частиц пластмасс в питателе, рабочий раствор возвращался в колонну через патрубок *7* с помощью насоса *8*. Пенный продукт поступал по сливному желобу *9* в сепаратор *10*, где происходило разделение твердой фракции концентрата и рабочего раствора. Сепаратор *10* также выполнял роль накопителя рабочего раствора, необходимого для постоянной циркуляции. После завершения эксперимента отработанный рабочий раствор сливался через патрубок *12* и вентиль *13*. Частицы пластмасс, осевшие на съемную решетку *11* в процессе работы, извлекались после опустошения колонны.

Завершение процесса разделения смеси фиксировалось в момент, когда твердые частицы пластмасс переставали наблюдаться в объеме рабочего раствора. Полученные твердые фракции концентрата и остатка промывались водой и высушивались. Для определения доли

каждого типа пластмасс в концентрате и остатке проводилась ручная сортировка по цвету и взвешивание.

Поверхность частиц ПЭТФ проявляла гидрофобные свойства по отношению к рабочему раствору, что приводило к образованию комплексов «пузырек – частица» при подаче воздуха. Эти комплексы имели фиктивную плотность, меньшую, чем плотность рабочего раствора, что способствовало их всплытию на поверхность под действием силы Архимеда. В то же время поверхность частиц ПСФ проявляла гидрофильные свойства, что приводило к полному смачиванию частиц рабочим раствором и их оседанию на дно колонны под действием силы тяжести.

Для достоверности результатов каждый эксперимент проводился трижды, после чего на основе средних значений вычислялись соответствующие зависимости.

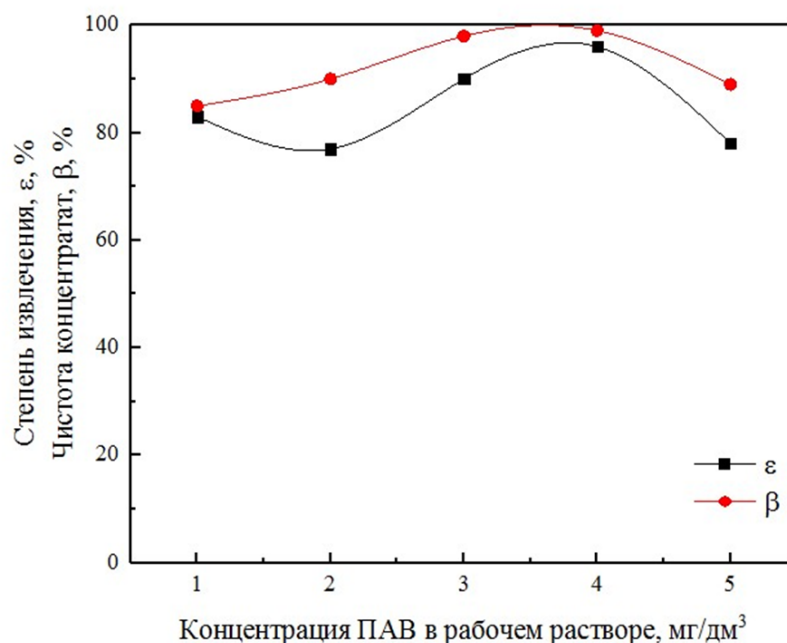
На основании полученных экспериментальных данных рассчитывали степень извлечения флотуруемого компонента и чистоту концентрата по формулам [4]

$$\varepsilon = \frac{m_{\text{конц}}}{m_{\text{исх}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

$$\beta = \frac{m_{\text{конц}}}{m_{\text{к}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где $m_{\text{конц}}$ – масса ПЭТФ компонента в концентрате, кг; $m_{\text{исх}}$ – масса ПЭТФ компонента, поданного на флотацию, кг; $m_{\text{к}}$ – масса концентрата, кг.

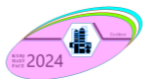
Экспериментальные исследования и обсуждения результатов. На рисунке 2 представлены зависимости степени извлечения ПЭТФ и чистоты концентрата от концентрации ПАВ в рабочем растворе, полученные при расходе воздуха $3,3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ и температуре рабочего раствора 13°C .



- 1 – 1,25 мг/дм³ Setasin 103 + 2,5 мг/дм³ ТВИН 80
- 2 – 1,25 мг/дм³ Setasin 103 + 5,0 мг/дм³ ТВИН 80
- 3 – 2,5 мг/дм³ Setasin 103 + 2,5 мг/дм³ ТВИН 80
- 4 – 2,5 мг/дм³ Setasin 103 + 5,0 мг/дм³ ТВИН 80
- 5 – 5,0 мг/дм³ Setasin 103 + 5,0 мг/дм³ ТВИН 80

Рисунок 2 – Зависимости степени извлечения ПЭТФ и чистоты концентрата от концентрации ПАВ и соотношения его компонентов в рабочем растворе

Применение смеси ПАВ (Setasin 103 и ТВИН 80) позволяет достичь эффективного разделения смеси ПЭТФ и ПФС. При соотношении исследуемых ПАВ 1:2, т.е. при



концентрации 1,25 мг/дм³ Setasin 103 + 2,5 мг/дм³ ТВИН 80 в рабочем растворе, степень извлечения ПЭТФ и чистота концентрата находилась в диапазоне 80–83%. При увеличении соотношения концентрации ПАВ 1:4 (1,25 мг/дм³ Setasin 103 + 5,0 мг/дм³ ТВИН 80), степень извлечения ПЭТФ снизилась до 75–78%. Однако, при концентрации ПАВ 2,5 мг/дм³ Setasin 103 + 2,5 мг/дм³ ТВИН 80 степень извлечения ПЭТФ возросла до 85%. При концентрации 2,5 мг/дм³ Setasin 103 и 5,0 мг/дм³ ТВИН 80 в рабочем растворе позволило достигалась эффективность более 95%, т.е. степень извлечения ПЭТФ и чистота концентрата составляли 97% и 99%, соответственно. Дальнейшее увеличение концентрации ПАВ привело к ухудшению процесса разделения.

Заклучение. Предложен способ эффективного разделения смеси ПЭТФ и ПФС методом пенной флотации с применением смеси ПАВ. Условия проведения процесса: концентрация ПАВ в рабочем растворе 2,5 мг/дм³ Setasin и 5,0 мг/дм³ ТВИН 80, температура рабочего раствора 13°C и расход воздуха 3,3 м³/(м²·ч).

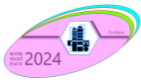
Таким образом, предложенный способ позволяет значительно повысить эффективность разделения полимерных смесей, что способствует более рациональному использованию ресурсов и снижению экологической нагрузки. Кроме того, использование данного метода может привести к снижению затрат на переработку и утилизацию отходов, а также к улучшению качества вторичных материалов. Внедрение этих технологий в промышленность может стать важным шагом на пути к устойчивому развитию и охране окружающей среды.

Список литературы

1. Опимах, Е.В. Разделение смеси измельченных акрилонитрилбутадиенстирола и полиамида методом флотации с использованием в качестве поверхностно-активных веществ сульфанола и синтанола / Е. В. Опимах, А. Э. Левданский // Труды БГТУ. №3. Химия и технология неорганических веществ, 2013. - С. 179-181.
2. Полиэтилентерефталат. Общие технические условия. Технические условия : ГОСТ Р 51695-2000. – Введ. 01.01.2002. – Госстандарт Российской Федерации, 2002. – 12 с.
3. ТУ 2224-001-86535236-2016.
4. Абрамов, А.А. Флотационные методы обогащения : учебник / А.А. Абрамов. – М. : Недра, 1984. – 383 с.

References

1. Opimakh, E.V., Levdanski A.E. Separation of a mixture of crushed acrylonitrile butadiene styrene and polyamide by flotation using sulfanol and sintanol as surfactants. Trudy BGTU [Proceedings of BSTU], 2013, no. 3: Chemistry and Technology of Inorganic Substances, pp. 179–181 (In Russian).
2. Polyethylene terephthalate. General technical conditions. Technical conditions : GOST R 51695-2000. – Introduced. 01.01.2002. – Gosstandart of the Russian Federation, 2002. –12 с.
3. TU 2224-001-86535236-2016.
4. Abramov, A.A. Flotation methods of enrichment : textbook / A.A. Abramov. – Moscow : Nedra, 1984. – 383 с.



ҚОВУННИ ҚУРИТИШДА МАССА БЕРИШ КОЭФФИЦИЕНТИНИ АНИҚЛАШ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАССООТДАЧИ ПРИ СУШКЕ ДЫНИ DETERMINATION OF THE MASS TRANSFER COEFFICIENT IN DRYING MELON

А.Артиқов¹, З. Машарипова², Д.Мамаева³, М.Мадрахимова⁴

¹Тошкент кимё -технология институти, Тошкент, Ўзбекистан, Artiqof@rambler.ru
тел+998931853030

²Тошкент кимё -технология институти, Тошкент, Ўзбекистан, e-mail: zulxumor-72@mail.ru
orcid.0000-0002-4059-083x, тел: +998909329472

³Тошкент тўқимачилик ва энгил sanoat институти ст. тадқиқотчи
Тел: 998 974462825

⁴Тошкент кимё-технология институти, докторанти, mmadraximova00@gmail.com
orcid: 0009-0001-6541-3581, тел: +998 991035119

Аннотация: Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини сақлаш муддатини узайтириш, сақлаш ҳамда транспортировка ҳаражатларини камайтиришида қуришни асосий ва камхарж консервация усули ҳисобланади. Қуришни тўғри ташиқ қилиш, ундаги энергия сарфини камайтириш ва сифатли маҳсулот олиш жараёни ҳисоблаш пайтида унга таъсир қилувчи барча параметрларни инобатга олишни талаб этади. Материалларни қуришни жараёнини ҳисоблашда масса бериш коэффицентини аниқлаш муҳим ва мураккаб бўлганлиги инобатга олиб, унинг қийматини ҳисоблашда қуришни жараёнини ҳисоблашнинг МАТЛАБ дастуридаги компьютер моделидан фойдаланилди.

Қуришни жараёнининг таъсир қилинаётган компьютер модели жараёнига таъсир қилувчи 4 та факторни, яъни ҳарорат, маҳсулот намлиги, ҳавонинг босими ва ҳавонинг намлигини ўзгартириш, уларни орасидаги мувозанат ҳолатларига кўра қисқа вақт ичида ҳисоблаб, уларнинг графикларини чиқариб беради. Қовунни микротўлқинли қуришни режимларини ва масса бериш коэффицентини аниқлаш учун физик ва компьютер моделда тажрибалар олиб борилди. Бошиқа қуришни усулларига қараганда микротўлқинли қуришида масса бериш коэффицентини қийматининг ўзгариши фарқ қилди ва қовунни микротўлқинли қуришида масса бериш коэффицентини аниқлаш учун тенглама келтириб чиқарилди. Қовунни микротўлқинли қуришида $\beta = \beta_0 + 0,02 \cdot a$ ифода масса бериш коэффицентини аниқ ифода этиши аниқланди. **Калит сўзлар:** қуриш, масса алмашини, жараён, модель, ҳисоблаш, иссиқлик алмашини, коэффицент, компьютер модели, масса бериш

Аннотация: Сушка – основной и экономически эффективный способ консервации, позволяющий продлить срок хранения сельскохозяйственной продукции, снизить затраты на ее хранение и транспортировку. Правильная организация сушки, снижение энергозатрат и получение качественного продукта требует учета всех влияющих на него параметров при расчете процесса. Учитывая, что определение коэффицента массоотдачи при расчете процесса сушки материалов важно и сложно, для расчета его значения использовалась компьютерная модель расчета процесса сушки в MATLAB.

Предлагаемая компьютерная модель процесса сушки за короткое время рассчитывает 4 фактора, влияющих на процесс, а именно температуру, влажность продукта, давление и влажность воздуха, в соответствии с балансом между ними, и выводит их графики. Проведены эксперименты на физической и компьютерной модели по определению режимов микроволновой сушки дыни и определению коэффицента массоотдачи.

По сравнению с другими способами сушки изменение коэффицента массопереноса при микроволновой сушке было иным, и получено уравнение для определения коэффицента массопереноса при микроволновой сушке дыни. Установлено, что выражение $\beta = \beta_0 + 0,02 \cdot a$ более точно отражает коэффицент массоотдачи при микроволновой сушке дыни.

Ключевые слова: сушка, массоперенос, процесс, модель, расчет, теплоотдача, коэффицент, компьютерная модель, массоотдача.

Annotation: Drying is considered a primary and low-cost preservation method for extending the shelf life of agricultural products, reducing storage and transportation costs. Proper organization of the drying process, reducing energy consumption, and obtaining high-quality products require consideration of all parameters affecting the process during calculations. Given the importance and complexity of determining the mass transfer coefficient in calculating the drying process of materials, a computer model of the drying process in MATLAB was used to calculate its value. The proposed computer model of the drying process calculates and produces graphs of the changes in four factors affecting the process—temperature, product moisture, air pressure, and air humidity—in a short time, based on their equilibrium states. Physical and computer model experiments were conducted to determine the microwave drying modes for melons and the mass transfer coefficient. The change in the mass transfer coefficient value differed in microwave drying compared to other drying methods, and an equation was derived to determine the mass transfer coefficient for microwave drying of melons. It was determined that the expression $\beta = \beta_0 + 0.02 \cdot a$ accurately represents the mass transfer coefficient in microwave drying of melons.

Key words: drying, mass transfer, process, model, calculation, heat transfer, coefficient, computer model, mass transfer.

Кириш. Қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини қайта ишлаш ва сақлашда қуритиш жараёни муҳим рол ўйнайди. Қуритиш озик-овқат маҳсулотларини сақлашнинг энг қадимги, энг кенг тарқалган ва жуда хилма-хил усуллари билан биридир. Қуритиш жараёнларини ҳисоблашда фақат унга берилаётган иссиқлик энергиясини (ҳарорат) инобатга олиш етарли эмас. Қуритиш жараёнини аниқ ҳисоблаш учун унга таъсир қилувчи тўртта омиллар билан бирга материалнинг масса бериш коэффициентини ҳисоблаш ҳам талаб этилади.

Масса бериш коэффициент физик константа эмас, балки фазанинг физик хусусиятларига ва гидродинамик шароитларга боғлиқ бўлган кинетик хусусият бўлгани учун масса алмашинувиш аппаратининг конструкцияси ва ўлчамларига ҳам боғлиқ. Масса бериш коэффициенти классик ва замонавий ҳисоблаш усуллари билан фойдаланган ҳолда ҳисоблаб келинмоқда.

Ҳовак материалларни қуритишда масса бериш коэффициентини ҳисоблашда аналитик усулда олинган формуладан фойдаланилади [1]:

$$\beta_1 = \frac{\Delta M_2 \left[\frac{W_1}{W_2} - 1 \right]}{\Delta M_1 - \Delta M_2} * \frac{\Delta M_1}{\Delta * F * \Delta \tau};$$

Масса алмашинувининг А.Н. Шукарев томонидан таклиф қилинган назариясига кўра, масса бериш коэффициентини аниқлаш учун қуйидаги ифода таклиф этилган:

$$\beta = \frac{[M]}{[F][c_n - c_0]} = \frac{kg/s}{m^2 kg/m^3} = \frac{m}{s};$$

Бундан ташқари масса бериш коэффициентини аниқлаш учун қуйидаги тенгламадан ҳам фойдаланилади:

$$\Delta M = \beta * V * (t_d - t_p) * \Delta t;$$
$$\beta = \Delta M / V * (t_d - t_p) * \Delta t;$$

бу ерда:

ΔM – маҳсулотнинг массаси,

V – қурилманинг ҳажми, m^3 ;

β – масса бериш коэффициенти;

t_d – ҳақиқий температура, $^{\circ}C$;

t_p – мувозанат температураси, $^{\circ}C$;

Δt – температуралар фарқи, $^{\circ}C$.

Қуритиш жараёнида масса бериш коэффициентини ҳисоблаш тенгласини келтириб чиқариш учун тескари ҳисоблаш усулидан фойдаланилди [2,5].

Амалиётда кўпинча функциянинг берилган x қийматига мос y аргумент қийматини топиш масаласи тез-тез учраб туради. Бу масала тескари интерполяциялаш методи билан ҳал қилинади. Агар функция жадвалининг қаралаётган оралиғида $y = f(x)$ монотон бўлса, у ҳолда бир қийматли $x = \varphi(y)$ ($f(\varphi(y)) = y$) тескари функция мавжуд бўлади. Бу ҳолда тескари интерполяция $\varphi(y)$ функция учун одатдаги интерполяциялашга келтирилади [3].

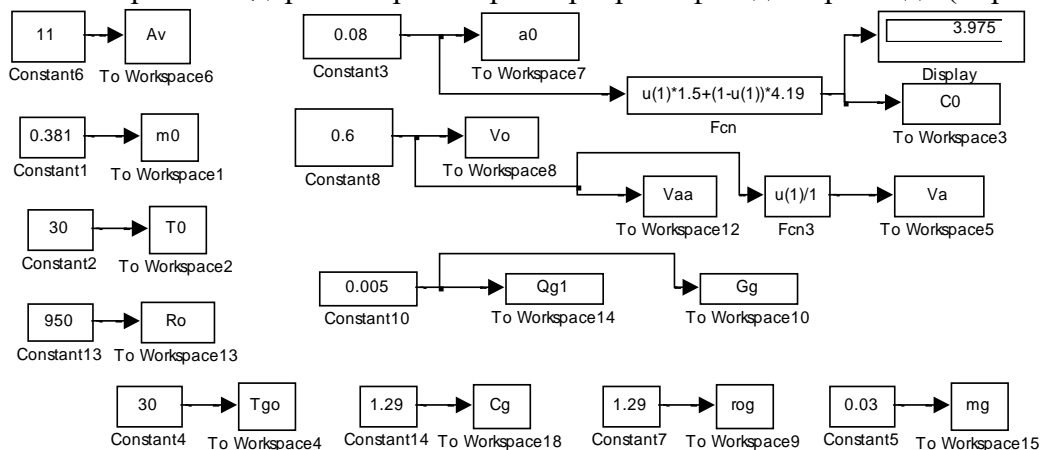
Олинган тадқиқот усуллари ва натижалари Қовунни қуритиш жараёнида масса алмашинувиш коэффициентини топиш учун турли массали ва турли ўлчамдаги қовун бўлақларини микротўлқинли печда қуритиш бўйича тажрибалар ўтказилди. Бунда тарози ёрдамида ўлчами $3 \times 5 \times 5$ мм бўлган 381 г ва ўлчами $2 \times 5 \times 15$ мм бўлган 401 г қовун бўлақлари тортиб олиниб, таркибида 17 % намлик қолгунча қуритилди. Қуритилаётган материалга энергия дискрет режимда узатилиб, материалнинг ҳарорати ва ҳар бир энергия берилгандан кейинги маҳсулотнинг массасини ўзгариши тарози ёрдамида ўлчаб борилди. Жараёнда маҳсулотнинг ҳарорати энергия бериш вақтининг давомийлигини инобатга олган ҳолда олиб борилди [4]. Тажиба натижалари жадвалга қайд этилди ва жадвал асосида маҳсулотдаги намликнинг ўзгаришини ифодаловчи график ҳосил қилинди (1-жад., 5-расм).

1- жадвал.

Ўлчами $3 \times 5 \times 5$ мм бўлган 381 г қовун бўлагини микротўлқинли қуритгичда қуритиш натижалари

| mo, gram | Қуришиш вақти τ, с | Материал ҳарорати, t, °С | Совутиш вақти (50°С гача), τ, с | Совутишдан кейинги массаи, m2, грам | Қуришишга кетган умумий вақт, с | Қурук модда миқдорини ўзгариши | Намлик миқдорини ўзгариши, |
|----------|--------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 381 | 240 | 80 | 360 | 291 | 600 | 0,10474227 | 0,895258 |
| | 120 | 80 | 375 | 227 | 1095 | 0,13427313 | 0,865727 |
| | 120 | 83 | 385 | 180 | 1601 | 0,16933333 | 0,830667 |
| | 120 | 84 | 397 | 137 | 2118 | 0,22248175 | 0,777518 |
| | 120 | 89 | 414 | 107 | 2652 | 0,28485981 | 0,71514 |
| | 120 | 90 | 320 | 81 | 3092 | 0,3762963 | 0,623704 |
| | 120 | 93 | 261 | 58 | 3473 | 0,52551724 | 0,474483 |
| | 120 | 89 | 185 | 37 | 3778 | 0,82378378 | 0,176216 |
| | 1080 | | 2697 | | | | |

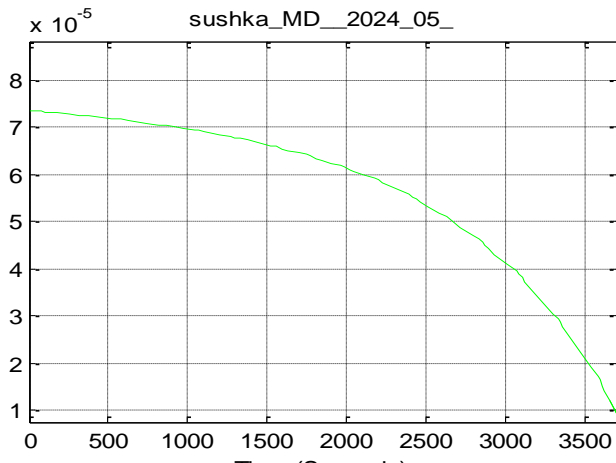
Физик моделда тажрибалар ўтказилгандан кейин жараён моделлаштириш асосида, МАТЛАБ дастурида симуляция қилинди ва кириш параметрлари танланиб, тажрибаларни компьютер моделда ўтказилди. Қуришиш жараёнини ҳисоблашнинг компьютер моделига қовун хомашёсининг барча параметрлар, қуришилаётган ҳавонинг параметрлари ва узатилаётган энергия миқдорини кириш параметрлари сифатида киритилди (2- расм).



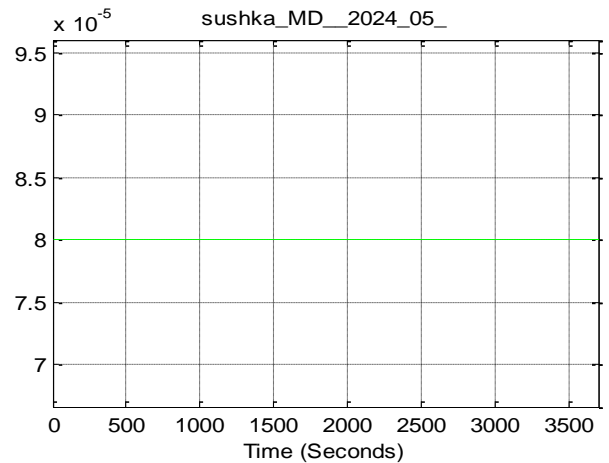
2-расм. Қовунни қуришиш жараёнини компьютер моделида ҳисоблаш учун кириш параметрлари

Қовунни қуришиш жараёнини ҳисоблашнинг МАТЛАБ дастуридаги компьютер модели бир неча блоклар йиғиндисидан, маҳсулот ҳароратини ўзгаришини ҳисоблаш блоки, газ фазада бўладиган массаалмашиниш жараёнларини ҳисоблаш блоки, маҳсулот таркибидаги намлики ўзгаришини ҳисоблаш блоки, массаалмашиниш коэффицентини ҳисоблаш блокларидан ташкил топган. Қуришиш жараёнининг компьютер модели турли қийматларда жараённи тезда ҳисоблаб, ҳар бир блок, ҳар бир ифода учун графикларини чиқариб беради.

Қовунни қуришиш жараёнини ҳисоблаш моделидаги массабириш коэффицентининг қийматини тесқари ҳисоблаш усулидан фойдаланган ҳолда, бир неча вариантларда изланди. Бунинг учун моделнинг массабириш коэффицентини ҳисоблаш блокига турли ифодалар киритилиб, ҳосил бўлган графикларнинг физик модел натижалари асосида ҳосил қилинган графикка мос эканлиги аниқланди ва унга мос келувчи графикни ҳосил қилувчи эмперик тенглама танлаб олинди. Тажрибаларни массаалмашиниш коэффицентини ҳисоблаш тенгламаси ва қийматларини ўзгартирган ҳолда компьютер моделида ўтказиб, уларни натижалари графиклар ёрдамида ифодаланди (3-4-расмлар):

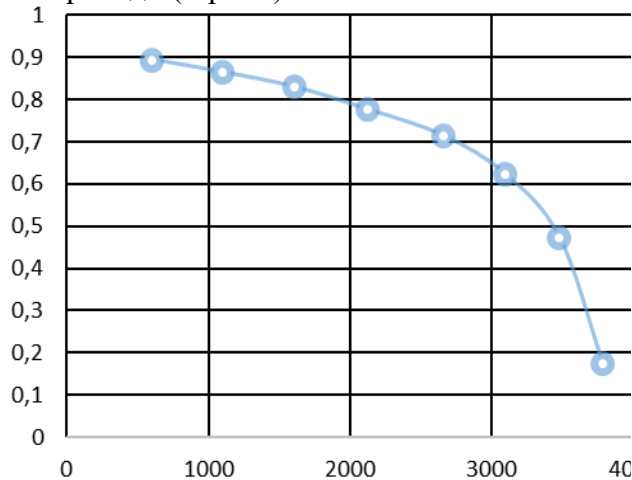


3- расм. $\beta_1 = ((u(1))^u(2))*u(3)$ бўлган ҳолатдаги масса бериш коэффициентини ўзгариш графиги

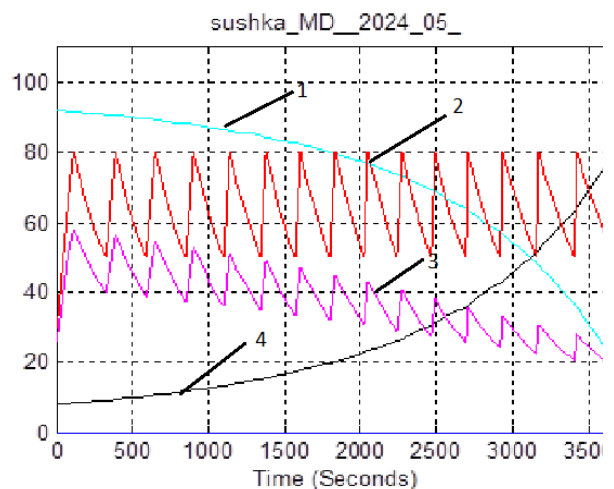


4- расм. $\beta_2 = u(3)$ бўлган ҳолатдаги масса бериш коэффициентини ўзгариш графиги

Қуритиш жараёнининг компьютер модели бир вақтнинг ўзида маҳсулотнинг намлигини ўзгариши (1), маҳсулот ҳароратини ва энергия бериш вақтини (2), маҳсулотнинг мувозанат ҳароратини (3), ва маҳсулотнинг қуруқ модда миқдорининг ўзгаришини тасвирлайди (6-расм).



5-расм. Тажрибалар асосида қовунни микротўлқинли қуритиш жараёнида вақт бўйича намликни ўзгариш графиги (физик моделда)

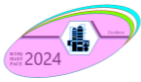


6- расм. Компьютер моделида қовунни микротўлқинли қуритишда маҳсулот намлигини ўзгариш графиги

Масса бериш коэффициентини аниқлаш учун бир нечта эмперик тенгламалар текширилди. Натижада $\beta = \beta_0 + 0,02 * a = u(3) + (0.002 * (u(4)))$ кўринишдаги тенглама қовунни микротўлқин таъсирида қуритишда масса бериш коэффициентини аниқроқ ифода этиши аниқланди.

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Bochkov M. V. Protsessi teplomassoperenosa v nagelnix soyedineniyax elementov derevyannix stropilnix konstruksiy pri siklicheskix rejimax ekspluatatsii. Avtoref...kand.texn. nauk. 2017 g. Ivanovo.18 st.
2. Inverse Problems Lecture notes, Michaelmas term 2019 University of Cambridge Hanne Kekkonen and Yury Korolev May 1, 2020.
3. Ismatullayev G.P. Hisoblash usullari: o‘quv qo‘llanma / G.P.Ismatullayev. O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi. — T.: «Tafakkur Bo‘stoni», 2014. —240 b.
4. Artikov A., Masharipova Z.A., Mamaeva D.A., O‘rozova D.D. Mikroto‘lqinli pechda qovunlarni quritish tahlili bo‘yicha // Scientific-technical journal, 2024, T.28, №2. 177-184 b.
5. DGU 36810 Quritish jarayoni uchun massa berish koeffitsientini hisoblash uchun dastur. Artikov A., Masharipova Z. A., Mamaeva D. A., Madraximova M.K., UZ. 16.04.2024.



ПРОИЗВОДСТВО БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО ВИНА ДИСТИЛЛЯЦИЕЙ С ИНЕРТНЫМ ГАЗОМ

PRODUCTION OF NON-ALCOHOLIC WINE BY DISTILLATION WITH INERT GAS

Хамидуллин Рафик Наилович¹, Бронская Вероника Владимировна², Игнашина
Татьяна Вячеславовна³

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет, г.Казань, Российская
Федерация, E-mail: 434@mail.ru,

ORCID 0009-0001-4499-1163, тел. +79274177914

²Казанский национальный исследовательский технологический университет, г.Казань, Российская
Федерация, E-mail: dweronika@mail.ru

ORCID 0000-0003-2611-2679, тел. +79172758897

³Казанский национальный исследовательский технологический университет, г.Казань, Российская
Федерация, E-mail: itanechka@mail.ru,

ORCID 0000-0001-9610-0759, тел. +79050230552

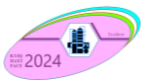
Аннотация. Рассмотрена тематика производства безалкогольного вина, обозначены основные препятствия для его производства. В настоящей работе предлагается рассмотреть альтернативный вариант получения безалкогольного вина с помощью дистилляции с инертным газом. Данный способ ближе соответствует вакуумной перегонке. Инертный газ в процессе перегонки не удаляется из системы, а циркулирует внутри нее и является носителем паров легколетучих компонентов исходного продукта. Небольшое остаточное содержание паров жидкости после абсорбера в инертном газе не оказывает существенного влияния на процесс перегонки. Всегда будет разница между равновесным содержанием паров над относительно горячей исходной жидкостью и равновесным содержанием этих же паров над холодным конденсатом, соответственно в горячей зоне (десорбер) будет испаряться легколетучие компоненты, а в холодной зоне (абсорбер) конденсироваться. Представлено описание процесса на примере барботажного аппарата периодического действия, представлены параметры технологического процесса и преимущества предлагаемого решения. Процесс перегонки реализуется при атмосферном давлении и температуре 30 °C и более, что исключает изменение вкусовых качеств продукта и других органолептических показателей. Возможно, предлагаемое решение позволит разнообразить винную продукцию, вывести на рынок новые качественные полезные продукты и преодолеть религиозные барьеры мусульманского населения стран Средней Азии.

Ключевые слова. Безалкогольное вино, вакуумная перегонка, дистилляция с инертным газом, азот, перегонка, производство вина

Annotation. The subject of the production of non-alcoholic wine is considered, the main obstacles to its production are identified. In this paper, it is proposed to consider an alternative option for obtaining non-alcoholic wine by distillation with an inert gas. This method corresponds more closely to vacuum distillation. The inert gas is not removed from the system during distillation, but circulates inside it and is a carrier of vapors of volatile components of the initial product. The small residual vapor content of the liquid after the absorber in the inert gas does not significantly affect the distillation process. There will always be a difference between the equilibrium vapor content over a relatively hot source liquid and the equilibrium vapor content over a cold condensate, respectively, volatile components will evaporate in the hot zone (desorber), and condense in the cold zone (absorber). A description of the process is presented using the example of a periodic bubbling apparatus, the parameters of the technological process and the advantages of the proposed solution are presented. The distillation process is carried out at atmospheric pressure and a temperature of 30 °C or more, which eliminates changes in the taste of the product and other organoleptic parameters. Perhaps the proposed solution will allow to diversify wine products, bring new high-quality healthy products to the market and overcome the religious barriers of the Muslim population of Central Asian countries.

Keywords. Non-alcoholic wine, vacuum distillation, distillation with inert gas, nitrogen, distillation, wine production.

Введение. Классические вина имеют множество полезных свойств, за счет содержания большого количества микроэлементов, аминокислот, антиоксидантов и способствуют



сохранению здоровья при условии разумного потребления. Есть в вине и органические кислоты (винная, яблочная, молочная и др.), минеральные вещества (калий, натрий, кальций, магний, фосфор), витамины, дубильные, красящие, ароматические вещества.

Классическое вино является древнейшим продуктом питания, и имеет определенную культуру его употребления для многих народов. Потребление вина способствует замедлению окислительных процессов, связанных с действием свободных радикалов, тем самым замедляя процессы старения [1].

При этом, алкоголь содержащийся в вине, при его значительном потреблении, вызывает необратимое повреждение печени, потерю памяти и ухудшение функционирования психики, бессонницу, замедленные рефлексы с соответствующим возрастанием опасности несчастных случаев и ухудшение здравомыслия и эмоционального контроля.

Негативный эффект потребления вина может быть исключен путем получения безалкогольного вина, в котором содержание этилового спирта менее 0,5%.

В настоящее время удаление алкоголя из вина осуществляется следующими способами [2, 3]:

- обратный осмос и диализ, путем избирательной фильтрации компонентов вина через мембраны;

- вакуумная дистилляция, путем перегонки вина при низком давлении;

Каждый способ имеет свои достоинства и недостатки, наиболее затратный способ это удаление алкоголя с помощью мембран, но при этом качество конечного продукта получается наиболее высоким. Каждый способ требует специфического технологического оборудования – для обратного осмоса требуются специальные мембраны, а для вакуумной установки необходимы вакуумные насосы и специальное оборудование, рассчитанное на работу при вакууме (абсолютное давление процесса вакуумной перегонки составляет 4-20 кПа [3]). Экономически выгодно выделять этиловый спирт при малых концентрациях именно дистилляцией, поскольку при данных концентрациях относительно равновесное содержание спирта в парах в смеси вода-этиловый спирт имеет наибольшее значение из всего диапазона концентрацией [4].

Предлагаемое решение. В настоящей работе предлагается рассмотреть альтернативный вариант получения безалкогольного вина с помощью дистилляции с инертным газом [5]. Данный способ ближе соответствует вакуумной перегонке.

Описание процесса перегонки с инертным газом на примере периодического процесса в барботажном аппарате изложено ниже.

Исходный продукт (алкогольсодержащее вино) подается в десорбер и нагревается до температуры процесса (см. рис.1). Система заполняется инертным газом (Азот). Воздуходувкой газовый поток нагнетается и подается под слой жидкости. В процессе взаимодействия жидкости и газа, легколетучие компоненты исходной смеси переходят в газовую фазу. Инертный газ, проходя через слой жидкости насыщается преимущественно легколетучими компонентами исходного продукта – этиловым спиртом. Парогазовый потока из верхней части десорбера направляется в нижнюю часть абсорбера, где при контактном охлаждении с собственным холодным конденсатом, осушается от паров, содержащих преимущественно этиловый спирт. Пары летучих компонентов исходного продукта конденсируются, а относительно сухой инертный газ из верхней части абсорбера направляется в газодувку и цикл инертного газа внутри системы повторяется.

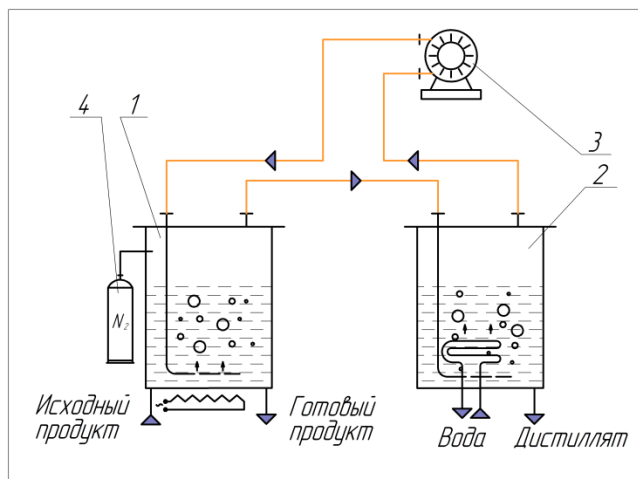


Рис.1 Схема процесса производства безалкогольного вина

1. Десорбер с подогревом, 2. Абсорбер с рубашкой охлаждения, 3. Воздуходувка,
4. Система подачи инертного газа.

Важно отметить, что инертный газ в процессе перегонки не удаляется из системы, а циркулирует внутри нее и является носителем паров легколетучих компонентов исходного продукта. Небольшое остаточное содержание паров жидкости после абсорбера в инертном газе не оказывает существенного влияния на процесс перегонки. Всегда будет разница между равновесным содержанием паров над относительно горячей исходной жидкостью и равновесным содержанием этих же паров над холодным конденсатом, соответственно в горячей зоне (десорбер) будет испаряться легколетучие компоненты, а в холодной зоне (абсорбер) конденсироваться.

После достижения целевых показателей содержания этилового спирта в исходном продукте, процесс перегонки прекращается и товарный продукт сливается из десорбера. Дистиллят из абсорбера сливается частично, определенное количество оставляется для следующей партии.

Температура процесса перегонки с инертным газом аналогична температуре процесса под вакуумом и составляет 30 °С и выше, а давление процесса атмосферное. Рекомендуется поддерживать давление внутри системы выше атмосферного на 2-4 кПа, что бы исключить подсос атмосферного воздуха и предотвратить попадание кислорода. При данной температуре и в инертной газовой среде в исходном продукте не должно происходить каких-либо существенных изменений органолептических показателей относительно исходного продукта. Чем выше температура процесса, тем быстрее идет процесс перегонки, но при этом может пострадать качество товарного продукта.

Расчетные параметры процесса дистилляции с инертным газом для разных начальных концентраций представлены в таблице 1. Расчеты получены путем моделирования процесса в программном комплексе Aspen Hysys.

Можно отметить следующие преимущества предлагаемого решения.

Процесс перегонки запускается практически сразу при подачи инертного газа в десорбер, в отличие от вакуумной разгонки не требуется ждать периода выхода на рабочий режим. Также и останавливается технологический процесс – путем прекращения подачи инертного газа. Сливать и доливать продукты можно во время процесса перегонки за счет атмосферного давления внутри системы.

В процесс перегонки за счет интенсивного гидродинамического взаимодействия газа и жидкости не образуется застойных зон и, соответственно, нет зон перегрева, и вероятность термической деструкции и изменения параметров исходного продукта вследствие перегрева минимизируется.



Основные параметры процесса перегонки с инертным газом. Таблица 1.

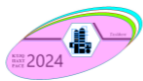
| № | Параметр | Величина параметра | | | Примечание |
|---|---|--------------------|------|-----|---|
| 1 | Масса загрузки исходного продукта, кг | 2000 | | | |
| 2 | Температура процесса, °С | 30 | | | |
| 3 | Давление процесса, кПа (ат.), избыточное | 3,0 (0,03) | | | Давление немного выше атмосферного |
| 4 | Загрузка инертным газом системы, м ³ | 3 | | | Усредненные параметры по типовому оборудованию |
| 5 | Начальная концентрация этилового спирта в продукте, %, об. | 8,0 | 15 | 6 | |
| 6 | Конечная концентрация этилового спирта в продукте, %, об. | 0,5 | 0,5 | 0,5 | |
| 7 | Температура паров после абсорбера, °С | 18 | 15 | 12 | |
| 8 | Общее количество инертного газа, прошедшего через десорбер, м ³ | 1100 | 1400 | 600 | Общее количество инертного газа в системе указано в п.4 |
| 9 | Суммарные потери исходного продукта после завершения процесса, кг. не более | 220 | 360 | 160 | Потери выглядят как дистиллят, представляющий собой смесь винного спирта с водой разной концентрации. |

Увеличения глубины переработки вина достигается за счет увеличения времени взаимодействия сухого инертного газа и алкоголь содержащей жидкости при фиксированной температуре процесса. В то время как при вакуумной разгонке глубина переработки достигается за счет увеличения глубины вакуума.

Процесс может быть реализован как небольшими партиями в периодическом режиме, так и на крупных производствах при непрерывной работе. Процесс хорошо автоматизируется и воспроизводится, что упрощает его применения на предприятиях винной промышленности.

В некоторых случаях, когда технология производства вин позволяет его держать некоторое время нагретым (ориентировочно около 1 часа), остаточное тепло после пастеризации вина, нагретое до 55 °С, может быть использовано для процесса перегонки, что минимизирует эксплуатационные затраты на процесс дистилляции. Тем более, что в инертном газе не будет происходить окислительные процессы. Важно отметить, что температура процесса перегонки с инертным газом без подвода тепла извне быстро падает. При типовом аппаратном оформлении процесса перегонки скорость падения температуры составляет 2 °С в минуту.

Изначально техническое решения было разработано для переработки тяжелых нефтепродуктов [6-7], но оказалось востребованным и в других областях, как в данном случае в производства безалкогольной продукции. В настоящее время разрабатываются



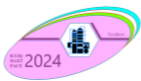
инженерные методики расчета данного процесса, проведены многочисленные лабораторные, пилотные и опытно-промышленные испытания процесса, изготавливаются промышленные установки и на их основе новые производства [8-11]. Полученный опыт в области нефтехимии и нефтепереработки позволит обобщить его и расширить область применения предлагаемого технического решения.

Отсутствие доступных решений для небольших производств, на взгляд авторов, является сдерживающим фактором для массового производства безалкогольного вина и пива. Возможно, предлагаемое решение позволит разнообразить винную продукцию, вывести на рынок новые качественные полезные продукты и преодолеть религиозные барьеры мусульманского населения стран Средней Азии.

Закключение. В настоящей работе рассмотрена ситуация на рынке производства безалкогольного вина. Предложена альтернативное техническое решение производства безалкогольного вина с помощью дистилляции с инертным газом, позволяющая при атмосферном давлении и относительно небольшой температуре удалить этиловый спирт из вина без ущерба его качества. Представлены схема процесса, его описание и технологические параметры. Рассмотрены основные преимущества предлагаемого решения.

Список литературы

1. Харламова, Л. Н. Российское безалкогольное вино - составляющая здорового питания / Л. Н. Харламова, С. А. Хуршудян // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № S3. – С. 37. – EDN XCEURN.
2. Безалкогольное вино как альтернатива традиционному вину / Ю. А. Хакимова, К. А. Багаева, А. С. Шайдуллина [и др.] // Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья : Сборник научных статей и докладов II Международной научно-практической конференции (заочной), Воронеж, 26–27 октября 2016 года. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2016. – С. 205-208. – EDN XFZTTD.
3. Оганнисян, В. Г. Безалкогольное пиво и технологии его получения / В. Г. Оганнисян // Пиво и напитки. – 2007. – № 6. – С. 19-23. – EDN NDCFQF
4. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. - 12-е изд., стер., Перепечатка с изд. 1987 г. - М. : Альянс, 2005. - 575 с. : ил. - Библиогр.: с. 502-509. - ISBN 5-98535-006-1
5. Патент № 2642560 С2 Российская Федерация, МПК В01D 3/34, С10G 7/06. Способ перегонки жидкостей в среде инертного газа : № 2016116633 : заявл. 26.04.2016 : опубл. 25.01.2018 / Р. Н. Хамидуллин ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "НПО Пылеочистка". – EDN JRLQNJ.
6. Хамидуллин, Р. Н. Сушка нефтепродуктов дистилляцией в среде инертного газа / Р. Н. Хамидуллин, М. Ю. Величко, Д. Н. Ковальчук // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 24. – С. 69-71. – EDN XDXWVR.
7. Хамидуллин, Р. Н. Экспериментальные исследования перегонки тяжелых нефтяных остатков в среде инертного газа / Р. Н. Хамидуллин, Д. В. Ковальчук, Э. А. Галиуллин // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 20. – С. 111-113. – EDN VBWOFB.
8. Kharitonova, O.S. The basis of an automated design system of the packed absorber using neural networks/ Kharitonova, O.S., Vyatkina, I.V., Bronskaya, V.V., Khairullina, L.E., Shaikhetdinova, R.S., Kotova, N.V. // (2020) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 786 (1), статья № 012081
9. Галимуллин Р.Г., Экспериментальное исследование физической абсорбции газов с различной растворимостью./ Галимуллин Р.Г., Бронская В.В., Игнашина Т.В., Гарифуллина Э.В., Кондратьева М.И., Харитонова О.С.// Вестник Технологического университета. 2023. Т. 26. № 8. С. 14-19.
10. Галимуллин Р.Г., Кинетика абсорбции малых концентраций газов из газоздушных смесей. Галимуллин Р.Г., Гарифуллина Э.В., Бронская В.В., Игнашина Т.В. //Вестник Технологического университета. 2023. Т. 26. № 1. С. 11-17.
11. Овчаров А.В., Интенсификация процесса ректификации. Овчаров А.В., Качейкин А.С., Бронская В.В., Игнашина Т.В. //В сборнике: Интенсификация тепломассообменных процессов, промышленная безопасность и экология. Материалы VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции. Казань, 2024. С. 589-591.



STUDY OF THE EFFECT OF ELECTRIC IMPULSE FIELD ON THE PROCESS OF PREPARING FLAX SEEDS FOR PRESSING

Narziyev M.S.¹, Ismatova N.N.²

¹Candidate of technical science, docent,
Bukhara Engineering-Technological Institute,
Bukhara city Uzbekistan,

E-mail: m_narziyev@mail.ru tel:+998979001377

²Postgraduate student, Bukhara Engineering and
Technology Institute, Bukhara city Uzbekistan,

E-mail: ismatova.nafisa@inbox.ru
orcid. 0009-0000-9422-0204 tel:+998918999191

Annotation: A multi-stage hierarchical structure was developed based on the systematic analysis and thinking of the process of preparation of flax seeds for pressing under the influence of an electric impulse field. Plant seeds are treated with a high-voltage electric field, the intensity of which is selected individually depending on the treated seed and the purpose of obtaining oil. The effect is carried out by an electric field with a voltage of 1-12 kV and the number of impulses between 10-35. The frequency and time of exposure to the seeds is selected individually depending on the processed flax seed. To create a single low-frequency pulsed electric field, the compact system is made in the form of plane-parallel electrodes connected to opposite polar terminals of a high-pulse voltage source, processed seeds are placed in the space between them. As a result of improving the process of preparing flax seeds for pressing under the influence of an electric impulse field, the output of oil during the pressing process increases, the amount of residual oil in the oil mill decreases, that is, a direct pressing method of obtaining oil from flax is created

Key words: flax, electric impulse, frequency, Electroplysmolysis, protoplasm

Introduction. The use of linen in various areas of life has a rich history. Its cultivation began about 10,000 years ago. It is mainly grown in Canada, USA, Eastern Europe, Russia, South-East Asia for a long time: China, India, Japan, Kazakhstan and Uzbekistan are developing oilseed crops very rapidly. In recent years, the increase in linseed cultivation is mainly due to the reduction of cultivated areas and the high demand for oilseeds. Based on the medical and biological properties of flaxseed, its use in the oil extraction, baking, confectionery, and margarine industry has increased. Flaxseed is used to feed farm animals, poultry and fish. Flax fiber and fiber waste are used in cosmetics and other industries

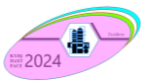
- to strengthen composite materials used in automotive, aviation, shipbuilding and other industries;

- for the production of various types of paper (including cigarette and banknote paper).

Currently, flax seeds are widely cultivated in Russia and Uzbekistan. Table 1 shows the moisture content of flaxseed varieties.

1-table

| State name | A variety of flax seeds | Oil content of seeds % |
|------------|-------------------------|------------------------|
| Russia | Avangard | 51% |
| | Avgust | 53% |
| | Amber | 47% |
| | Barxan | 48% |
| | Biryuza | 51% |
| | VNIMK 620 | 50% |
| | Nebes | 49% |
| | Danik | 51% |
| | Raduga | 50% |



| | | |
|------------|-------------|-------|
| Uzbekistan | Uzbekiston | 41% |
| | Qo'ng'iro't | 38,7% |
| | Jalil 2000 | 39% |
| | Baxmal, | 47% |
| | Bahorikor | 40,8% |

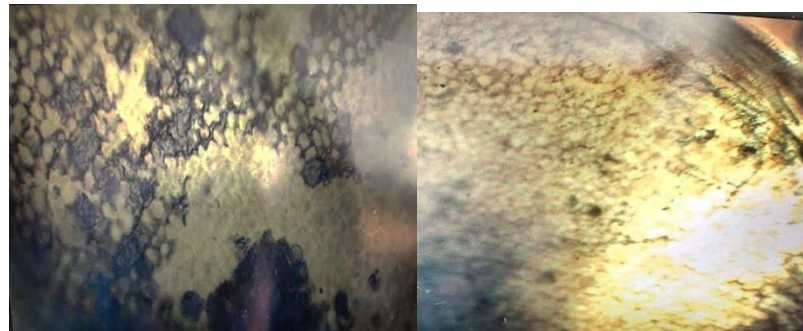
.K. Mustafaev, V.S. Kosachev, V.V. Jivetin, Yu.Z. Kozinda, D.A. Guseva, Jing-Jing Shen, J.T. Davies, A.I. Kupreenko, V.I. Shabelsky, V.F. Taranenko, Yu.V. Terentev, V.V. Beloborodov, V.A. Maslikov, V.I. Bernikov, S.G. Efimenko, V.A. Borodin, V.S. Golustov, V.I. Galperin, L.G. Ipatova, A Yu. Shazzo, B.C. Morozov, R.V. Turner, R.T. Anderson, H.G. Schwarzberg, M.T. Shirato, V.S. Wadke, F.W. Sosulski, C.A. Shook, B.N. Tyutyunnikov, V.G.shcherbakov, V.Kh. Paronyan, D.Yu. Slabotchikov, A.F. Zaletnev, A.V. Fedorov, A.M. Goldovsky, V.V. Shiposhnichenko, V.V. Derevenko, S.D. Zaporozhchenko, G. A. Yusupbekov N.R., Salimov Z., Abdurakhimov A.A., Rizaev N.U. among Uzbek scientists Glushenko. Artikov A.A., Gulyamov Sh.M., Safarov O.F., Majidov K.Kh., Mamakulov A.Kh. Barakaev N.R. and other scientists conducted scientific work. The above-mentioned scientists proposed energy and resource-saving methods based on various technologies of preparation for the process of extracting oil from the composition of oily raw materials. The results of research aimed at solving the problems of reducing the acidity of oil and increasing the yield in the production of oil from flax seeds for industrial enterprises have been put into production.

Research methods. Flaxseed oil is produced in two main ways: pressing and extraction; unprocessed flaxseed oil is obtained in one way - only by cold pressing. Depending on the type of processing, vegetable linseed oil can be of the following types: unrefined linseed oil, hydrated linseed oil, refined linseed oil, refined bleached deodorized. The process of preparation for pressing oil from linseed is as follows: the process of cleaning the stones between the linseeds, magnetic separation, grinding, roasting and pressing.

There are certain methods of forming a low-frequency high-intensity electric field affecting seeds and devices for their implementation. Some of them are related to the use of an electric field for processing seeds, which is generated from an alternating current network at an industrial frequency with the help of step-up transformers. In other methods and devices of their implementation, the effect of stimulating and disinfecting effects on seeds is created by moving (scattering) treated seeds through a stationary electrode system under the influence of gravity, which creates a spatially heterogeneous, constant electric field. high intensity, regularly repeated seed movement on burning. The effect of the electric field generated by this method on the seeds is equal to the effect of a low-frequency pulsed electric field with a modulation depth determined by the design of the electrodes of the field-generating system. The stimulating effect for flax seeds of different varieties depends on the strength of the electric field and the duration of the resulting effect, the frequency of its change and the number of impulses.

Electroplasmolysis can be used to increase oil yield during subsequent pressing or centrifugation of plant seeds; increasing oil or fat yield from biological raw materials, coloring or extracting valuable components of raw materials by diffusion; strengthening the subsequent heat treatment, steaming or drying process of raw materials; exclusion of some thermal processes from traditional technologies with reduction of energy and material costs; to accelerate the maceration of raw materials, improve the quality and rheological properties of the final product. he advantages of electroplasmolysis over other processing methods are the very short-term and effective effect of current on raw materials. A valuable feature of electroplasmolyzed raw materials is an increase

in mass transfer and heat transfer coefficients at the level of cellular structures. These conditions create favorable conditions for the use of electropulsolysis to obtain components or to activate further processes of heat treatment of raw materials. During experiments conducted in laboratory conditions, it can be seen that changes in the external appearance of flax seeds have occurred when they are exposed to electric impulse frequency. It is possible to see that the color of the seeds exposed to electric impulse frequency becomes clear and the size is significantly increased.



a)

b)

Figure 1. Appearance of the outer shell of a flax seed.

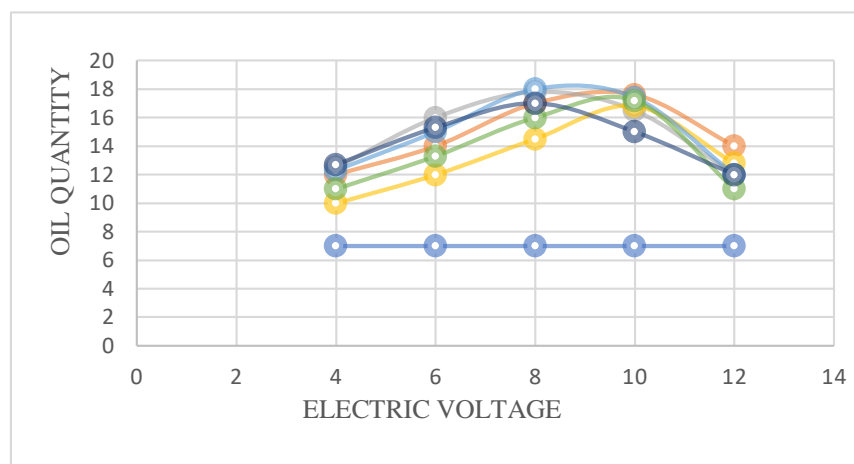
a) ordinary linseed.

b) linseed exposed to electric impulse field

Table 2. Oil yield of normal flaxseed and pulsed field-exposed flaxseed.

| | OIL QUANTITY | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------|------------------|------|------|-------|-------|
| | The number of impulses | Electric voltage | | | | |
| | | 4kv | 6 kv | 8 kv | 10 kv | 12 kv |
| Unaffected flaxseed | - | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Flaxseed exposed to an electric field | 10 | 10 | 12 | 14,5 | 16,8 | 12,8 |
| | 15 | 11 | 13,3 | 16 | 17,2 | 11 |
| | 20 | 12 | 14 | 17 | 17,6 | 14 |
| | 25 | 12,3 | 15 | 18 | 17,4 | 12 |
| | 30 | 12,5 | 16 | 17,8 | 16,5 | 12 |
| | 35 | 12,7 | 15,3 | 17 | 15 | 12 |

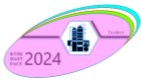
Diagram 1. Oil yield of normal flaxseed and pulsed field-exposed flaxseed.



Conclusion. To sum up, the process of electric impulse processing in obtaining pressed oil from linseed in our proposed method has been researched. It was found in the laboratory that the cell can be treated with a high-voltage pulsed discharge. During a high-voltage pulsed discharge, an electrohydraulic shock occurs in the liquid, as a result of which ultrasonic, cavitation and resonance phenomena occur, and a pulsed electromagnetic field appears. The interaction between the field and the force between the system of electrically charged cells has a rapid effect on biological systems. This coagulates protoplasmic protein, cell permeability increases. After such processing, oil yield from flax increases by 4-6%. The use of short electrical pulses for electrical processing of food is promising, and their effect has a number of advantages over other electrical techniques; The concentration of electrical energy and the short-term pulse effect on the processed material will lead to qualitatively new effects that can be the basis for the development of high-performance technological methods.

References:

1. Azarova, E. P. On the mechanism of effect of magnetic field on seeds / E. P. Azarova, A. P. Salei // Probl. Access and Ecology Center. Black Earth region.-Voronezh, 1997.-P. 107-109.
2. Alexandrova, E. I. Effect of ozone on mold during grain storage / E. I. Alexandrova, O. I. Plyasukhina, L. V. Alekseeva // Proceedings of VNIIS. -M., 1983.-No. 103.-S. 35^0.
3. Baranov, V. F. Shadow. Biology and cultivation technology / V. F. Baranov, V. M. Lukomets. Krasnodar, 2004. - pp. 7-10.
4. Artikov, A. A, Barakaev H.P, Narziev M.C. DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR STUDYING THE PROCESS OF HEAT EXCHANGE BETWEEN AIR AND EGG DURING INCUBATION // Universum: tekhnicheskie nauki, 2024. pp. 15-17.
5. Salimov Z. Basic processes and devices of chemical technology // Textbook for students of higher educational institutions. - T. 1. - Tashkent: Uzbekistan, 1994.
6. Artikov A. Multi stage system analysis, modeling and automated calculation of the technological processes //Avicenna. Fryeburg, 2011. - No. 2.
7. Artykov A., Kompyuternye metody analiza i syntheza khimiko-technologicheskikh sistem uchebnik. Tashkent. "Voriz publishing house" - 2012. 160 p.
8. Sevinov U.B., Artikov, A. A, Narziev M.C. DEVELOPMENT OF A COMPUTER MODEL AND INVESTIGATION OF THE PROCESS OF EXTRACTION OF OIL FUZE ON THE BASIS OF SYSTEM ANALYSIS.
9. Soliva-Fortuny R., Balasa A., Knorr D., Martin-Belloso O. Effects of pulsed electric fields on bioactive compounds in foods: a review. Trend Food Sci. Technol. 2009.20 (11-12), 544-556.
10. Shorstkii I., Mirshekarloo M.S., Koshevoi E. Application of pulsed electric field for oil extraction from sunflower seeds: electrical parameters effects on the oil yield, Food processing technologies, 2015. DOI: 10.1111/jfpe.12281



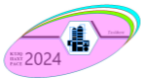
Xalqaro ilmiy – amaliy konferentsiya
“Sanoat tarmoqlarida texnologik jarayon va qurilmalarning dolzarb masalalari va uning
istiqbollari” KTJQ – 2024. Tashkent – 2024, 27 – 28 sentyabr

11. Ismatova Sh.N. Prospects of the use of quinoa and amaranth for expanding of food reserve of poultry farming / Ismatova Sh.N., Isabaev I.B., Ergasheva X.B., Yuldasheva Sh.J.// Austrian journal of technical and natural sciences. Austria, No. 7-8. 2020. pp. 26-30

12. Ismatova Sh.N. Alternative sources of raw materials for the production of feed products / Ismatova Sh.N., Isabaev I.B., Ergasheva H.B.// Universum: Technical sciences: scientific journal 2019. – No. 12(69). – pp.18-23.

13. O.R. Abduraxmonov, O.K. Soliyeva, M.S. Mizomov, M.R. Adizova Factors influencing the drying process of fruits and vegetables ACADEMICIA: " An international Multidisciplinary Research Journal" in India

14. Kh.F. Djuraev, M.S. Mizomov Analyzing Moisture at the Drying Process of Spice Plants - Texas Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2022



**Томат мевасини паст ҳароратда қуритиш жараёнини тадқиқ
қилиш**
**Исследование процесса низкотемпературной сушки
томатопродуктов**
Study of the process of low-temperature drying of tomato products

Джураев Х.Ф.¹, Усмонов А.У.², Расулов Ш.Х.³, Файзиев А.Х.⁴

¹Бухоро муҳандислик технология институти, Бухоро, Ўзбекистон,
э-маил: джураев_хф@маил.ру, тел.: +99891-444-84-90

²Бухоро муҳандислик технология институти, Бухоро, Ўзбекистон,
э-маил: ахтамусмонов@маил.ру, тел.: +99897-282-90-95

³Бухоро муҳандислик технология институти, Бухоро, Ўзбекистон,
э-маил: шухратрасулов1308@гмаил.ком, тел.: +99899-704-75-10

⁴Бухоро муҳандислик технология институти, Бухоро, Ўзбекистон,
э-маил: амируллафайзиев84@гмаил.ком, тел.: +99898-180-88-08

АННОТАЦИЯ. Мақолада тоmat маҳсулотларини қуритиши, томатнинг бутун юзаси бўйича вақт бирлигида ажралиб чиқаётган намликнинг ўзгариши, маҳсулот қатламлари бўйича температура ўзгариши, бирлик юзага тўғри келадиган маҳсулот массасининг қуритиш тезлигига боғлиқлик қонуниятларини ўрганишига қаратилган тадқиқот ишлари таҳлил қилинди. Шундан келиб чиқиб маҳсулотнинг ички қатламида тегишли температура ва босимни ҳосил қилиш орқали капилляр ҳовак структурадаги суюқлик томчиларининг юза томон силжишини жабдалаштирувчи ҳамда суюқликни ютиш даражаси юқори бўлган тўлқин узунликлари диапазонида тоmat маҳсулотларини тажриба қурилмасида паст ҳароратда қуритиш натижалари аниқланган. Шунингдек тоmat меваси массасининг вақт бирлигида ўзгариши ва қуритиш жараёнининг эгри чизиқлари график кўринишида келтирилган. Олинган эксперимент натижаларини қайта ишлаш математик статистика усуллари ёрдамида амалга оширилиб, ҳавонинг нисбий намлигининг турли чегаравий қийматларида тоmat мевасининг гигроскопик хусусиятлари бўйича маълумотлар ёритилган.

АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрен процесс сушки томата. На основе экспериментов изучены изменение температуры между слоями продукта, а также выделение влаги в единицу времени. Обоснованы законы зависимость массовой доли на единицу поверхности от скорости сушки. Увеличена скорость выделения влаги из продукта, на основе применения импульсного и непрерывного режимов нетрадиционной подачи энергии. Определены начальная и равновесная влажность продукта с помощью современных приборов. Получены кривые сушки томата разной толщины. Обработка полученных результатов эксперимента, на основе применения методами математической статистики, освещающей информацию о гигроскопических свойствах томатных плодов при различных предельных значениях относительной влажности воздуха.

ABSTRACT. The article discusses the process of drying tomatoes. Based on experiments, the temperature change between laers of the product, as well as the release of moisture per unit time, were studied. The laws of the dependence of the mass fraction per unit surface on the drying speed are substantiated. The rate of moisture release from the product has been increased, based on the use of pulsed and continuous modes of non-traditional energy supply. The initial and equilibrium moisture content of the product was determined using modern instruments. Drying curves for tomatoes of different thicknesses were obtained. Processing of the obtained results of the experiment, and the basis of the method of application of mathematical statistics, cooling information and hygroscopic properties of tomato fruits with different parameters of the relative humidity of the air.

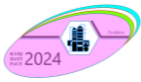
Калим сўзлар: тоmat, қуритиш, намлик, нурланиш, тўлқин узунлиги, температура, намлик градиенти,

Ключевые слова: тоmat, сушка, влажность, длина волны, излучение, температура, градиент влагосодержания

Key words: tomato, drying, humidity, radiation, wavelength, temperature, moisture content gradient

Кириш. Бугунги кунда ҳар бир тупининг ҳосилдорлиги, таъми, юқори биологик фаол моддаларга бой бўлган тоmat мевасини қайта ишлаш орқали экспортбоп тайёр маҳсулотлар ишлаб чиқариш соҳасига катта эътибор қаратилмоқда. Маълумки, мева ва сабзавотларни қайта ишлаш орқали консерваланган ҳамда қуритилган маҳсулотлар ишлаб чиқиш, озиқ-овқат саноатининг етакчи тармоқларидан бири ҳисобланади.

Ҳозирги кунда ишлаб чиқариш ва саноат корхоналарида энергия сарфи юқори, ишчи кучи кўп талаб этиладиган техника ва технологиялардан фойдаланиб келинмоқда.



Шунга кўра ишлаб чиқаришнинг кўпгина тармоқларида қўлланилаётган технологияларнинг энергия тежамкорлигини ошириш, янги турдаги маҳсулотлар ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш, қайта ишлашда замонавий методларни қўллаш орқали тайёр маҳсулотларнинг сақланиш муддати ва биологик қийматини оширишга қаратилган тадқиқот ишларини амалга ошириш муҳим аҳамият касб этади [1].

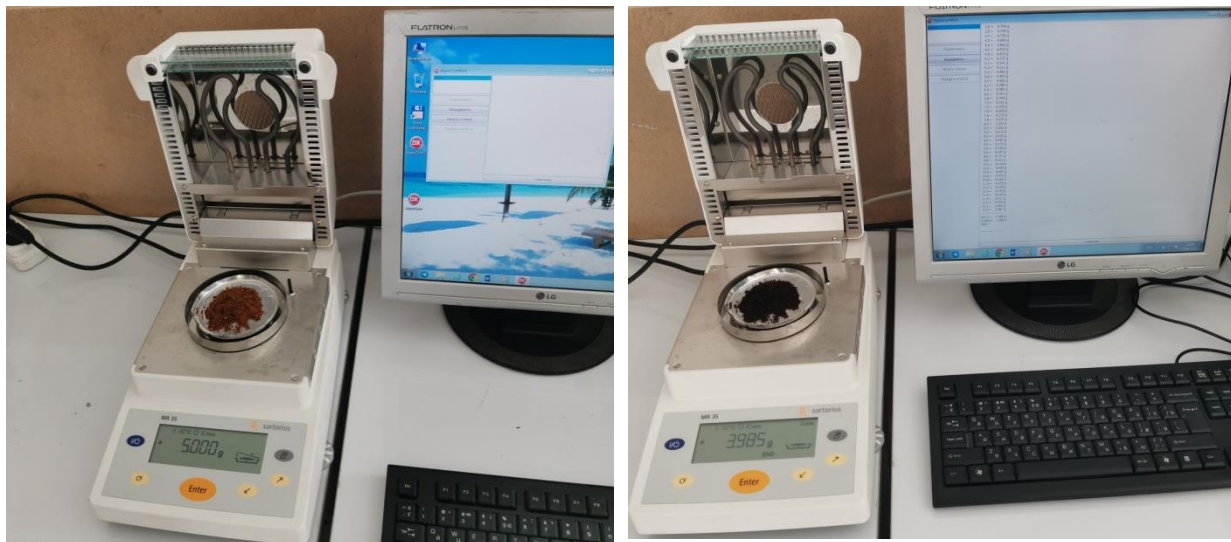
Маълумки, маҳсулотларни қуриштириш жараёнини ташкил этишда унинг таркибидаги ўзаро боғланган ва эркин намлик миқдорлари асосий таъсир этувчи омиллардан бири ҳисобланади. Эркин намлик органик ва ноорганик бирикмаларнинг эритувчиси ҳисобланиб, мева ва сабзавотларни сақлаш ва қайта ишлаш жараёнида биокимёвий жараёнларни ҳосил бўлиши учун ҳаракатлантирувчи куч ҳисобланади. Боғланган намлик эса ўзининг кимёвий хусусияти бўйича эркин намликдан кескин фарқ қилиб, зичлиги эркин сувнинг зичлигидан ортиқ, Қуриштирилганда маҳсулот таркибидан чиқиб кетмайди [4].

Шунга кўра қуриштириш усуллари ва конструкцияларини танлашда маҳсулотларнинг дастлабки намлигини ҳамда қуриштирилган маҳсулотнинг мувозонат намлигини аниқлаш асосий масалалардан бири ҳисобланади. Чунки қуриштирилган маҳсулотларнинг сақланиш муддати, сифат кўрсаткичлари унинг таркибида қолган намлик миқдorigа боғлиқ.

Объект сифатида олинган томат меваси таркибидаги бошланғич ва мувозонат намликлар миқдори Сарториус МА35 типидagi замонавий электрон нам ўлчагич орқали аниқланди (1-расм). Сарториус МА35 типидagi замонавий электрон нам ўлчагич термогравиметрик усул ёрдамида суюқ, пастасимон ва қаттиқ моддалардаги намлик миқдорини тез ва ишончли аниқлаш учун мўлжалланган. Намлик ўлчагич Европа Кенгаши кўрсатмалари, электр жиҳозлари учун қабул қилинган халқаро нормалар ва стандартлар, электромагнит мослашув ва белгиланган хавфсизлик қоидалари талабларига тўла жавоб беради.

Намлик ўлчагич, массаси 2 грамдан 30 грамгача бўлган нам маҳсулотнинг бошланғич ва мувозонат намлигини аниқлаш имконини беради. Ишлаб чиқилган махсус дастур асосида ҳар 2 сония мобайнида маҳсулот таркибидан ажралиб чиқаётган намликнинг массали улушини, қолдиқ намлик миқдорини, нам маҳсулот ва қуриштирилаётган маҳсулот намликлари ва массавий миқдорлари орасидаги фарқни автоматик равишда интерфейс портида сақлаш ва дисплейда кўрсатиб бориш имкониятига эга.

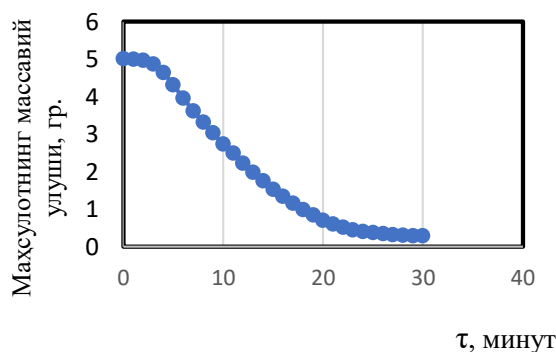
Томат мевасининг турли хил навлари олиниб, ҳар бир нав учун алоҳида - алоҳида намуналар стандарт талаблари бўйича 5 грамм масса birlikларида тайёрланди. Тайёрланган намуналар махсус чашкага солиниб, нам ўлчагичнинг қопқоғи беркитилиши билан ускуна ишга туширилди.



1-расм. Маҳсулот намлигини автоматик равишда ўлчовчи Сарториус МА35 маркали замонавий электрон қурилма

Тажрибалар 130⁰С да 30 минут давомида амалга оширилди. Тажрибалар асосида очик майдонда етиштирилган Волгоград ва Тошкент навлари таркибидаги намлик миқдори 94,3% ташкил этиши аниқланиб, дастурга мувофиқ намуна массавий улушининг ўзгариш графиги (2-расм) куйидаги кўринишга эга [2]. Графикдан кўриниб турибдики, бошланғич массаси 5,000 гр. бўлган томат мевасининг намлиги, тажриба жараёнининг 27, 28, 29 ҳамда 30 дақиқалари оралиғида бир хил массага эга бўлиб, 0,285 граммни ташкил этапти.

Сарториус МА35 маркали замонавий электрон қурилмада вақт бирликлари ичида маҳсулот намлигининг ўзгаришини аниқлаш учун, бошланғич маълумотларни дастурга киритиш талаб этилади. Бунинг учун қурилманинг тегишли тугмачаси босилганда биринчи навбатда ускунага қўйилган маҳсулотнинг бошланғич ҳамда бўш бюкснинг массалари автоматик равишда қайд этилади.



2-расм. Томат меваси массасининг вақт бирлигида ўзгариш графиги.

Шундан сўнг талаб этилган температуранинг қиймати, жараённинг давомийлиги, натижаларни сониялар бўйича қайд этиш қадами каби параметрлар киритилади. Интерфейс ойнасига натижаларни кўрсатиб бориш ва чоп этиш учун иккинчи тугмача босилади. Электрон қурилма автоматик равишда, натижаларни хотирага ёзилган куйидаги тенглама асосида ҳисоблай бошлайди:

Маҳсулот таркибидаги сув миқдори:

$$H_2O = \frac{B-C}{B-A} \cdot 100 \quad (1)$$

Маҳсулот таркибидаги қурук модда миқдори:

$$\omega^{куп} = \frac{C-A}{B-A} \cdot 100, \quad (2)$$

бу ерда: А-бўш бюкснинг массаси, *гp*; Б-бюкснинг ҳўл маҳсулот билан биргаликдаги массаси, *гp*; С-бюкснинг куруқ маҳсулот билан биргаликдаги массаси, *гp*.

Ўтказилган тажриба натижаларини қайта текшириш мақсадида, юқорида келтирилган намуналарнинг намлигини аниқлаш учун параллел равишда СЭШ-3М қурилмасида ҳам тажрибалар олиб борилди (3-расм).



3-расм. Томат мевасининг намлигини аниқловчи СЭШ-3М маркали қуриштиш шкафи

СЭШ-3М маркали қуриштиш шкафи ёрдамида маҳсулотнинг бошланғич намлигини аниқлаш учун ГОСТ 28561-90 мувофиқ, ўлчами 2-3 мм, ҳар бирининг массаси 5гp бўлган намуналар 3 та бюксга жойлаштирилиб, 130⁰С да қуриштиш шкафида 3 соат давомида қуришилди. Уч соатдан сўнг намуналар эксикаторда 20 минут совутилгач массаси ўлчанди. Ўлчанган намуналар қайта қуриштиш шкафига жойлаштирилиб, массаси ўзгармас бўлгунча вақт бирликлари ичида қайта қайта тажрибалар ўтказилди. Жараённинг давомийлиги жами 4 соатни ташкил этди.

Томат меваси таркибидаги намликнинг улуши *W*, %:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \cdot K \cdot 100 \quad (3)$$

бу ерда: m_1 - маҳсулотнинг қуриштишгача бўлган (бошланғич), массаси, гp; m_2 - қуриштишдан кейинги массаси, гp; m_3 -бюкснинг массаси, гp; *K*-тузатиш коэффициентини, (мева ва сабзаватлар учун- 1,0).

Маҳсулот таркибидаги абсолют куруқ модданинг массавий улуши (2) тенгламадан фарқли равишда, %:

$$\omega^{куп} = 100 - W \quad (4)$$

Қуриштиш жараёни кинетик қонуниятига мувофиқ абсолют W^c ва нисбий *W* намликлар фоизларда ифодалансада, уларнинг ҳар бири аниқ нисбий маънога, катталikka ҳамда ўзаро боғлиқликка эга [5]:

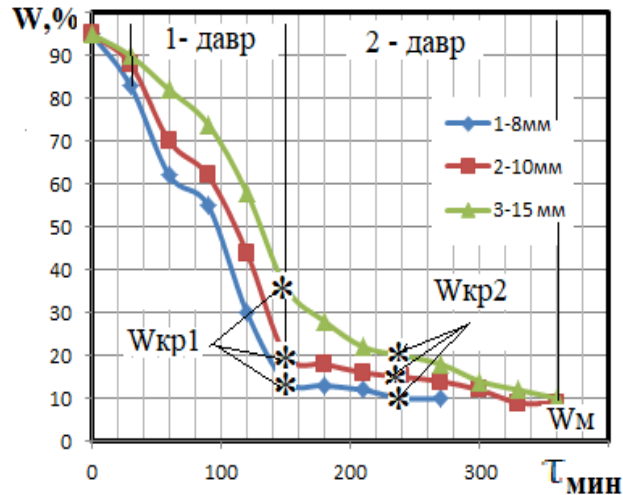
$$W = \frac{W^c}{100 + W^c} \cdot 100, \quad W^c = \frac{W}{100 - W} \cdot 100 \quad (5)$$

Ўтказилган тажрибалар асосида олинган натижалар шуни кўрсатадики, эти юмшоқ, мағзига нисбатан уруғларининг миқдори 3,3÷4,1%, ташкил этган томат мевасининг абсолют намлиги, абсолют куруқ моддага нисбатан 1654÷1860 фоизни, нисбий намлиги 94,3÷94,9 фоизни, куруқ модданинг миқдори 5,1÷5,7 % ташкил этади.

Қуриштиш кинетикасини тадқиқ қилишда бошланғич намлиги 94÷95%, куруқ модда миқдори 5,0 ÷5,3 % шунингдек массаси ($m=1384$ гp; $m=1367$ гp; $m=1052$ гp.) бўлган томат мевасини қуриштиш жараёни амалга оширилиб, ҳар 30 минутда маҳсулот намлик даражасининг ўзгариши аниқланди (4-расм).

Уч хил қалинликдаги томат мевасини қуриштиш жараёни бўйича олинган натижалар шуни кўрсатадики, 15-20 минут давомида, яъни маҳсулотни исиш даврида унинг таркибидаги намликнинг қисман ўзгариши кузатилиб қалинлиги 8 мм бўлган томат мевасининг намлиги

95 фоиздан 86 фоизга, қалинлиги 10 мм бўлган намунанинг намлиги 88 фоизга, қалинлиги 15 мм бўлган намунанинг намлиги 91 фоизга тушди [6].



4-расм. Томатни қуритиш эгри чизиғи

Доимий қуритиш тезлиги даврида (I-давр) намлик микдорининг тўғри чизик қонунига мувофиқ камайиш даражасининг жадаллашуви кузатилиб, намликнинг ушбу қонуният бўйича камайиш даври қуритиш тезлигининг биринчи критик $\omega_{кр1}^c$ намлик нуқтасига қадар давом этди.

Ўтказилган тажрибалар асосида вақт бирлиги ичида маҳсулотнинг масса ҳамда намлик ўзгаришлари бўйича ўртача нам сақлаш даражалари аниқланди.

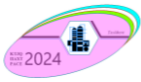
Қуритишнинг камайиб бориш тезлиги даврида (II-давр) олинган эгри чизиклар маълум бир характерда икки хил кўринишни олиб, иккинчи критик тезликни изоҳлайди $\omega_{кр2}^c$. Иккинчи даврнинг сўнггида маҳсулот намлиги ассимптотик равишда мувозонат намлик чегарасига яқинлашади. Демак, қуритиш циклида мувозонат намлик чегараси маҳсулот таркибидан намликнинг буғланиши тўла тўхтатилганлигини изоҳлайди [7].

Хулоса. Помидор мевасини қуритиш жараёнлари таҳлил қилиниши натижасида қуйидагиларга эришилди.

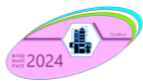
1. Помидор мевасини қайта ишлаш ва қуритиш жараёнлари тўлиқ ўрганиб чиқилди.
2. Қуритиш жараёни самарадорлигини ошириш мақсадида қатор тажрибалар ўтказилди.
3. Тажриба натижалари асосида қуритишнинг ноананавий конвектив усули танланди.
4. Ноананавий конвектив қуритиш усулини амалга ошириш учун намунавий тажриба қурилмаси яратилиб тажрибалар ўтказилди.
5. Ўтказилган тажриба натижалари ананавий усулда қуритилган маҳсулотлар билан таққосланганда ижобий натижаларга эришилди.
6. Таклиф этилган ноананавий қуритиш усулида жараёнга таъсир этувчи асосий омилларнинг оптимал вариантлари аниқланди.

Адабиётлар рўйхати

1. Расулов Ш.Х., Джураев Х.Ф., Увайзов С.К., Мизомов М.С., Файзиев А.Х. Разработка оптимального механизма перемещения тепло- и массоперенос в процессе сушки. Фарғона Политехника Институту ИЛМИЙ-ТЕХНИКА ЖУРНАЛИ 2023йил Том 27. №5 ФАРҒОНА -2023 118-125 б



2. Расулов Ш., Джураев Кх.Ф., Усманов А., Кхаликов М. Кинетисс оф дрийнг просесс оф томато фруит. Манифастуринг течнологй проблемс Ссиентифис анд Течнисал Журнал Наманган Институте оф Энгинееринг анд Течнилогй. ИССН 2181-8622 Волуме 8 Иссуе 4 2023 240-247 б
3. Джураев Х.Ф. Сушка плодов сельскохозяйственных культур моделирование, оптимизация, разработка высокоэффективных аппаратов: дис. ... д-ра техн. наук Ташкент-2005.-220 с.
4. Гинзбург, А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов– Москва: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.
5. Межгосударственный стандарт. Продукты переработки плодов и овощей // Методы определения сухих веществ или влаги. ИПК. Издательство стандартов Москва. 1990.-5 с.
Джураев Х.Ф., Расулов Ш.Х., Абидов К.З., Усмонов А. Энергосберегающая технология сушки томатного сырья. 7универсум.ком.УНИВЕРСУМ ТЕХНИЧЕС КИЕ НАУКИ № 9 (102) Часть 3 сентябрь 2022 Москва 2022 15-18 с.
6. Расулов Ш.Х., Артиков А., Абидов К.З., Джураев Кх.Ф. Девелопмент оф тхе инсталлатион анд экспериментал ресеарч оф тхе паттернс оф чанге ин инфлуенсинг факторс ин тхе просесс оф томато дрийнг. ИВ ИНТЕРНАЦИОНАЛ СОНФЕРЕНСЕ ОН АППЛИЕД ПХЙСИСС, ИНФОРМАЦИОН ТЕЧНОЛОГИЕС АНД ЭНГИНЕЕРИНГ АПИТЕЧ-ИВ 2022 партисипатед ин тхе ИВ Интернационал Сонференсе он Аплиед Пхйссисс, Информацион Течнологиес анд Энгинееринг (Апитеч-ИВ 2022) он Остобер 6-8, 2022 |Бухара, Узбекистан. Журнал оф Пхйссисс: Сонференсе Сериес. 1-8 п.
7. Расулов Ш.Х., Артиков А., Абидов К.З., Джураев Кх.Ф. Эхпериментал ресеарч оф тхе low-температуре дрийнг просесс оф томато. ИВ ИНТЕРНАЦИОНАЛ СОНФЕРЕНСЕ ОН АППЛИЕД ПХЙСИСС, ИНФОРМАЦИОН ТЕЧНОЛОГИЕС АНД ЭНГИНЕЕРИНГ АПИТЕЧ-ИВ 2022 партисипатед ин тхе ИВ Интернационал Сонференсе он Аплиед Пхйссисс, Информацион Течнологиес анд Энгинееринг (Апитеч-ИВ 2022) он Остобер 6-8, 2022 |Бухара, Узбекистан. Журнал оф Пхйссисс: Сонференсе Сериес. 1-7 п.



TOPINAMBUR ILDIZMEVASINI QURITISH JARAYONINI JADALLASHTIRISH

dots. K.X. Gafurov, PhD N.Z. Sharipov, tayanch doktorant M.X. Beshimov

Buxoro muhandislik-texnologiya instituti,
Buxoro O'zbekistan murodjon0735@gmail.com orcid.0000-0003-4042-9664,
tel: +99893-657-77-75

Annotatsiya. Ushbu maqolada O'zbekiston Respublikasi hududida yetishtiriladigan topinambur ildizmevasini fizik kimyoviy hamda shifobaxsh xususiyatlari batafsil yoritilgan. Bundan tashqari topinambur ildizmevasini quritish jarayonini jadallashtirish usullari tahlil qilinib, jadallashtirishni elektr impuls maydon ta'siri tadqiq qilingan. Elektr impuls maydon ta'sirini quritish jarayoniga ta'sir etuvchi parametrlarni optimal qiymatlari tajribalar orqali aniqlangan.

Kalit so'zlar. Quritish, bakteriya, elektr impuls maydon, vitamin, mineral, inulin, namlik, quritish tezligi.

Abstract. This article describes in detail the physico-chemical and medicinal properties of Jerusalem artichoke root grown in the territory of the Republic of Uzbekistan. In addition, the methods of accelerating the drying process of Jerusalem artichoke were analyzed, and the effect of electric impulse field on acceleration was studied. The optimal values of the parameters affecting the drying process of the electric pulse field were determined through experiments.

Key words. Drying, bacteria, electric pulse field, vitamin, mineral, inulin, moisture, drying speed.

Аннотация. В данной статье подробно описаны физико-химические и лечебные свойства корня топинамбура, выращенного на территории Республики Узбекистан. Кроме того, проанализированы способы ускорения процесса сушки топинамбура, изучено влияние электрического импульсного поля на ускорение. Экспериментальным путем определены оптимальные значения параметров, влияющих на процесс сушки в электрическом импульсном поле.

Ключевые слова. Сушка, бактерии, электроимпульсное поле, витамин, минерал, инулин, влага, скорость сушки.

Kirish. “Topinambur” nomi braziliyalik hindularning “tupinamba” deb nomlangan qabilasi nomlanishi bilan bog'liq. O'simlikning vatani Shimoliy Amerika bo'lib, u yerda yovvoyi tarzda o'sadi. Bu murakkabguldoshlar oilasiga mansub ko'p yillik ildizmevali o'simlik. Mamlakatimiz hududida XX asrning o'rtalarida topinambur yovvoyi hayvonlarni boqish uchun ov xo'jaliklarida, shahar bog'lari va dam olish joylarida esa manzarali o'simlik sifatida ekila boshlandi.

Hozirgacha bu o'simlik deyarli har bir uy tomorqasida ekiladi. Sovuqqa chidamli va parvarishlash oddiy bo'lgan chiroyli sariq gullari bor. Lekin uning nafaqat mazali, balki foydali bo'lgan tugunaklari qimmatbaho sanaladi. O'simlik shiraliligi uchun “yer noki” deb ham yuritiladi. O'zbekiston bozorlarida o'simlikning ildizmevalari kuzda paydo bo'ladi. Topinambur vitaminlar, kletchatka, inulin, pektin va fruktoza, shuningdek, temir, kalsiy, kaliy, magniy, mis, fosfor, sink va kremniyning mineral tuzlariga boy.

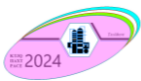
Tarkibida inulin moddasining ko'pligi va uning organizmda tez singishi qandli diabet bilan og'rigan bemorlar uchun turli xil parhez oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqarish uchun ham xomashyo sifatida foydalanish imkoniyatini yaratadi. Topinambur ildizmevasi yosh bargi, guli va novdalaridan qandli diabet kamqonlik, o'pka sili, ateroskleroz, ayrim teri va bo'g'in kasalliklarini davolashda foydalanib kelinmoqda. Qandli diabet bilan og'rigan bemorlarning kundalik ovqatlanish tartibiga topinamburning kiritilishi qon tarkibidagi qand miqdorini doimo bir xil me'yorda saqlab turish bilan bir vaqtda organizmni zarur vitamin va mineral moddalar bilan ta'minlash orqali tashqi muhitga chidamliligini oshiradi. Oshqozon osti beziga foydali ta'sir ko'rsatadi. Jigarni himoya qiladi va safro chiqishini kuchaytiradi. Jigar va o't pufagida tosh va qum hosil bo'lish jarayonini sekinlashtiradi.

Shuningdek, undan turli mazali salatlar tayyorlash mumkin. Sanoatda inulin, pektin, fruktoza, selluloza, etanol, butanol spirtlari va shifobaxsh sharbatlar va konserva mahsulotlari ishlab chiqarishda xomashyo sifatida foydalaniladi.

Quyidagi jadvallarda topinambur ildizmevasining vitamin va mineral tarkibi keltirilgan.

Topinambur ildizmevasining tarkibidagi vitamin moddalar.

1-jadval

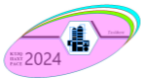


| № | Vitaminlar | Tarkibi, mg/100 g | ildizmevaning kunlik iste'mol, % |
|-----|--|----------------------|--|
| 1. | β-carotene | 0.012 | 0.2 |
| 2. | A | 0.001 | 0.1 |
| 3. | B ₁ (tiamin) | 0.2 | 16.7 |
| 4. | B ₂ (riboflavin) | 0.1 | 4.6 |
| 5. | B ₃ ,PP(niacin, nicotinic acid) | 1.3 | 8.1 |
| 6. | B ₄ (xolin) | 30 | 6.0 |
| 7. | B ₅ (pantotenik kislota) | 0.4 | 7.9 |
| 8. | B ₆ | 0.1 | 5.9 |
| 9. | B ₉ (foliy kislota) | 13 | 3.3 |
| 10. | C | 4 | 4.4 |
| 11. | E | 0.19 | 1.3 |

Topinambur ildizmevasining tarkibidagi mineral moddalar.

2-jadval

| № | Minerallar | Tarkibi, mg/100 g | ning foizi kunlik iste'mol, % |
|-----|---------------|----------------------|-------------------------------------|
| 1. | Kaliy (K) | 429 | 9.1 |
| 2. | Natriy (Na) | 4 | 0.3 |
| 3. | Кальций (Ca) | 14 | 1.4 |
| 4. | Magniy (Mg) | 17 | 4.3 |
| 5. | Fosfor (P) | 78 | 11.1 |
| 6. | Temir (Fe) | 3.4 | 34.0 |
| 7. | Rux (Zn) | 0.12 | 1.1 |
| 8. | Mis (Cu) | 0.14 | 15.6 |
| 9. | Marganez (Mn) | 0.06 | 2.6 |
| 10. | Selen (Se) | 0.7 | 1.3 |



Topinambur ildizmevasi vitamin va minerallarga boyligi bilan boshqa oziq-ovqat mahsulotlardan ajralib turadi. Topinambur ildizmevasi mavsumiy o‘simlik bo‘lganligi uchun uni yilning istalgan paytida topish qiyin. Ushbu xomashyo tarkibidagi mineral moddalarga inson raqioniga doimiy ehtiyoj mavjud. Shu bilan bir qatorda ushbu mineral moddalarni mahsulot tarkibidagi ulushi orttirish saqlash muddatini uzaytirish maqsadida topinambur ildizmevasni quritish tavsiya etiladi. O‘tkazilgan nazariy-ilmiy tadqiqotlar natijasida topinambur ildizmevasni quritishning bir qator usullari taklif qilingan. Quritish jarayonini jadallashtirishda elekt impuls maydon ta’siri kam o‘rganilgan usullardan biri hisoblanadi. Ushbu usulda quritish mahsulot sifatini ortishiga quritish jarayoniga sarf bo‘ladigan energiyani tejalishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.






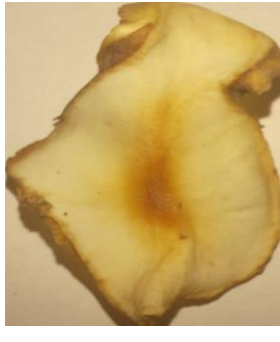



Metod. Topinambur ildizmevasiga elektr impulsli maydon ta’siri bilan ishlov berilganda ildizmeva hujayralari membranasi yoriladi. Bu jarayon elektroporatsiya deyiladi. Elektroporatsiya hujayra membranasi to‘sig‘ini yengib o‘tish uchun qisqa yuqori kuchlanishli impulslardan foydalaniladi. Elektr impulsli maydoni ta’sirida ishlov berish qisqa va yuqori kuchlanishli impulslardan foydalangan holda samarali termal bo‘lmagan oziq-ovqat mahsulotlarini qayta ishlash usulidir. Qo‘llaniladigan yuqori kuchlanishli impulslar hujayra membranalarida teshiklarni keltirib chiqaradi, bu esa to‘siq funksiyasining yo‘qolishiga, hujayra ichidagi tarkibning oqishi va hayotiylikni yo‘qotishiga olib keladi.

Natijalar. Tajriba o‘tkazish uchun 2023 yil mahalliy sharoitda yetishtirilgan topinambur ildizmevasini “Mo‘jiza” navi tanlab olindi. Quritish jarayonini jadallashtirish maqsadida elektr impuls maydoni qiymatlarini aniqlash uchun o‘tkazilgan nazariy tadqiqotlar natijasida parametrlar quydagicha qiymatda qabul qilindi. Bular kuchlanishi 6,7,8 kv bo‘lgan 10, 20, 30 ta impulslar boshlang‘ich ishlov berildi. Ushbu parametrlarni optimal qiymatlarini aniqlash maqsadida impulsli maydon ta’sirida ishlov berilgan topinambur ildizmevasini qalinligi 2 mm qilib, parraksimon kesildi va quritish kamerasida quritildi. Topinambur ildizmevasi konvektiv quritish qurilmasida 210 minut davomida, 60 °C da quritildi. Quritish jarayoni tugagandan so‘ng mahsulotning oxirgi namligi elektr impulsli maydon kuchlanganligiga qarab, turli xil kamayganligi aniqlandi. Elektr impulsli maydon kuchlanishi 6 kv impulslar soni 10 ta bilan ishlov berilganda 10 % ga, 20 ta impuls 13 % ga, 30 ta impuls berilganda 11 % ga kamaygani tajribalar yordamida aniqlandi. Ishlov berish kuchlanishi 7 kv ga oshirilganda 10 ta impuls bilan ishlov berilganda 11 % ga, 20 ta impuls berilganda 6 % ga, 30 ta impuls berilganda 9 % ga kamaygani aniqlandi. Ishlov berish kuchlanishi 8 kv ga oshirilganda 10 ta impuls berilganda 11 % ga, 20 ta impuls berilganda 10 % ga, 30 ta impulsli ishlov berilganda 11 % ga kamayganligi aniqlandi. Quritish jarayoni tugagandan so‘ng ishlov berilgan topinambur ildizmevasi markazidan o‘tgan ta’siri ko‘rildi. Bunda mahsulot markazida ishlov berish kuchlanishiga qiymatiga qarab mahsulot markazida kuyish holatlari aniqlandi. Kuchlanish qiymati 8 kv da ishlov berilganda mahsulot sifatiga katta ta’sir ko‘rsatgani, ya’ni mahsulotning kuyish ro‘y berganligi aniqlandi. 6 va 7 kv kuchlanishli ishlov berilganda quritish jarayoni tezlashgani va mahsulotning sifati yaxshilangani, saqlash muddati uzayishi o‘rganildi. Elektr impulsli maydon bilan ishlov berish quritilgan mahsulotning ko‘rinishlarini quyidagi 3-jadvalda ko‘rimiz mumkin.

Elektr impulsli maydon ta’sirida ishlov berib quritilgan topinambur ildizmevasi.

3- jadval

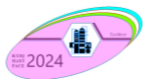
| Kuchlanish | | | |
|----------------|-------|-------|------|
| Impulslar soni | 10 ta | 20 ta | 30ta |
| | | | |

| | | | |
|-------------|---|--|---|
| 6 kv |  |  |  |
| 7 kv |  |  |  |
| 8 kv |  |  |  |

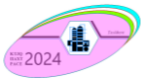
Yuqoridagi jadvaldan ko‘rishimiz mumkinki 6 kv kuchlaniga impuls soni 10,20,30 ta bo‘lgan namunalar ko‘rinishi mahsulot sifati yaxshi, lekin namligi nisbatan yuqori bo‘lgani uchun saqlash muddati kamaytiradi. Elektr impuls maydon ta‘sirida kuchlanishi 7 kv li 10,20,30 impuls soni bo‘lgan qiymatlarida quritish vaqti qisqarishi hamda namlik va mahsulotni sifati yaxshilanishiga erishildi. Topinambur ildizmevasini quritish uchun keyingi tajriba o‘tkazishimiz uchun elekt impuls maydonni kuchlanganligi 7 kv impuls soni 20 ta bo‘lgani ijobiy ta‘siri uchun qabul qilindi. Elektr impuls kuchlanganligi 8 kv impuls soni 10,20,30 bo‘lgan qiymatlarida mahsulot rangi salbiylashgani uchun bu qiymatlar tajriba o‘tkazish uchun inobatga olinmadi.

Xulosa. Topinambur ildizmevasi tarkibidagi mineral moddalar inson racioniga zarur hisoblanadi. Ayniqsa, mahsulot tarkibidagi “Inulin” moddasi eng ko‘pligi hamda inson racioniga juda zarurligi bilan boshqa moddalardan ajralib turadi. Quritish jarayoniga elektr impuls maydon parametrlaridan kuchlanganligi 7 kv impuls soni 20 ta bo‘lgani ijobiy ta‘sir ko‘rsatishi tajribalar yordamida aniqlandi. Bizning ilmiy ishimizda topinambur ildizmevasini kukun tayyorlash maqsad qilib inobatga olinsa mahsulotni 2 mm lik parraksimon kesish maqsadga muvofiqligi isbotlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar.



1. N R Barakaev, M Z Sharipov, A S Abrorov and Kh K Rakhmonov. Overview of the IV International Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering – APITECH-IV 2022 Journal of Physics: Conference Series 2388 (2022) 011001 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/2388/1/011001
2. Sherzod Abdullaev, Nusratilla Rajabovich Barakayev, Barno Sayfutdinovna Abdullaeva, Umid Turdaliyev / A novel model of a hydrogen production in micro reactor: Conversionreaction of methane with water vapor and catalytic. International jurnal of thermofluids, <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2023.100510>
3. Nusratilla Rajabovich Barakayev, Ikhtiyor Rajabovich Barakayev, Murodjon Xamidjonovich Beshimov RESEARCH ON THE PROCESS OF CONVECTIVE DRYING OF JERUSALEM ARTICHOKE TUBERS UNDER THE INFLUENCE OF PULSED ELECTRIC FIELD. UNIVERSUM: TEXNICHESKIE NAUKI DOI: 10.32743/UniTech.2024.124.7 iyul 2024 volume 6
4. N.R.Barakayev, M.S. Narziyev, M.X. Beshimov STUDY OF DRYING PROCESS OF JERUSALEM ARTICHOKE. INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY JOURNAL FOR RESEARCH & DEVELOPMENT, eISSN 2394-6334, IMPACT FACTOR : 7.854, Volume 10, issue 12, Delhi India 2023, pages: 278-282
5. Sharipov N. Z. Analysis of the process of preparing oilseeds for oil production //Academicia An International Multidisciplinary Research Journal. – 2020. – T. 10. – №. 11. – C. 2075.
6. Sharipov N. Z., Kuldosheva F. S., Jumaev J. Research of the Effect of Factors on the Process of Separation of Shadow Seeds from the Peel //Eurasian Research Bulletin. – 2022. – T. 7. – C. 86.
7. Sharipov N. Z., Gafurov K. H. MS Mizomov. Soya seeds from the peel seperating of local growing //International Journal For Innovative Engineering and Management Research. – T. 10. – C. 337.
8. Sharipov N. Z., Gafurov K. X. The theoretical Basis of soybean cutting process and knife selection. – 2023.
9. Нарзиев М. С., Рахмонов К. С., Шарипов Н. З. АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДЕЗОДОРАЦИИ ПРЕССОВОГО ХЛОПКОВОГО МАСЛА //СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ. – 2013. – С. 18-19.
10. Sharipov N. Z., Abdurakhmanov O. R., Safoev N. N. High-effectiv e cracking-classification device of oil of local sunflower in preparation for production //" Problems and prospects of development of innovative cooperation in research and training". Bukhara. – 2019. – №. 5. – C. 13.



К ВОПРОСУ ШЕЛУШЕНИЯ САФЛОРА МЕТОДОМ МГНОВЕННОГО СБРОСА ДАВЛЕНИЯ

Каюмов Абдумалик Абдухамид угли

Ташкентский химико-технологический институт, ассистент

mail: feruza.bekbaeva94@gmail.ru,

orcid.0009-0005-2079-9619, тел: +998944233547

Кудиярова Кутлигул Караматдиновна

Каракалпакский государственный университет, ст.преп.

kutlygulkudiarova@gmail.com, тел: +998913828338

Матчонов Шерзод Камилджанович

Ташкентский химико-технологический институт, доцент

mail: sherzadkamilovich@gmail.com,

orcid.0000-0003-0539-3045, тел: +998914356232

Хакимова Гулноз Нигмановна

Ташкентский химико-технологический институт, зав.кафедры

mail: hakimova_67@mail.ru,

orcid.0000-0001-9619-1902, тел: +998999086776

Бекбаева Феруза Уразалиевна

Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан, e-mail:

feruza.bekbaeva94@gmail.ru

orcid.0000-0002-5405-2485, тел: +998973334749

Аннотация. Статья посвящена актуальным вопросам совершенствования технологий переработки маслосодержащих семян и зерновых культур в аграрном секторе Узбекистана. В условиях высокой зависимости себестоимости пищевых продуктов от стоимости сырья, авторы подчеркивают необходимость внедрения энергоэффективных и экологически чистых методов переработки. Исследованиями установлено, что при исходной влажности $W=10,3\%$ и относительном давлении $P/P_0=2,08$ степень шелушения составляет $18,7\%$, при $P/P_0=3,1$ степень шелушения равна 40% , а при $P/P_0=3,7$ достигает $86,5\%$. Выявлено, что при увеличении влажности тенденция роста степени шелушения сохраняется. Анализ экспериментальных данных демонстрирует, что интенсификация процесса шелушения может достигать до $1,4$ раза. Исследован метод мгновенного сброса давления и выявлена возможность успешного шелушения семян и зерновых, с плотно прилегающей кожицы к ядру. Шелушение методом мгновенного сброса давления обеспечивает получение рушанки из целых и измельченных ядер, неизмельченной шелухи, полурасколотых и пустых семян, а также сора. Подобный состав твердой смеси легко разделить на фракции путем воздушной классификации. Данная статья открывает потенциал разработки нетрадиционных технологий и оптимального выбора оборудования для достижения рационального использования сырья и снижения отходов.

Abstract. The state is devoted to current issues of improving the processing technologies of oil-containing seeds and grain crops in the agricultural sector of Uzbekistan. In conditions of high dependence of the cost of food products on the cost of raw materials, the authors emphasize the need to introduce energy-efficient and environmentally friendly processing methods. The studies have established that with the initial humidity $W=10,3\%$ and relative pressure $P/P_0 = 2,08$, the degree of peeling is $18,7\%$, with $P/P_0 = 3,1$, the degree of peeling is 40% , and with $P/P_0 = 3,7$ it reaches $86,5\%$. It was revealed that with increasing humidity, the tendency for the degree of peeling to increase is preserved. Analysis of experimental data demonstrates that the intensification of the peeling process can reach up to $1,4$ times. The method of instantaneous pressure release was studied and the possibility of successful peeling of seeds and grains with a tightly adjacent skin to the kernel was revealed. Instantaneous pressure release hulling produces hulled grain from whole and crushed kernels, uncrushed husks, half-cracked and empty seeds, and debris. Such a solid mixture composition can be easily separated into fractions by air classification. This article reveals the potential for developing non-traditional technologies and optimal equipment selection to achieve rational use of raw materials and reduce waste.

Ключевые слова: сафлор, острый пар, нетрадиционный, метод, шелушение, степень шелушения, кожица, неизмельченная кожица, ядро.

Key words: safflower, hot steam, non-traditional, method, peeling, degree of peeling, skin, uncrushed skin, kernel.

Введение. Одной из базовых отраслей Узбекистана является аграрный сектор, который занимает лидирующее место среди республик Центрально-Азиатского региона по выработке сельскохозяйственных продуктов. Следовательно, оснащение предприятий перерабатывающих отраслей народного хозяйства энергетически эффективными, экологически чистыми технологиями и аппаратами, с целью повышения выхода готового продукта с наименьшими энергетическими затратами стоит очень остро.

Пищевая промышленность является одной из динамично развивающихся отраслей агропромышленного комплекса нашей страны. Сырьевая база пищевой отрасли очень разнообразна и ежегодно вырабатываются в огромном количестве. Особо следует отметить, что в себестоимости пищевого продукта стоимость сырья и материалов до недавнего времени составляла 50-80%.

Технология переработки любых маслосодержащих материалов предполагает отделение кожицы или оболочки от ядра при минимальных потерях масличного ядра. Эффективная организация процесса шелушения позволяет снизить или полностью ликвидировать потери ценного сырья. Поэтому, разработка эффективного метода обрушивания масличных семян и фруктовых косточек актуальна и в настоящее время [1, 2, 3].

Выбор способа шелушения осуществляется из прочности, упругости и пластичности оболочек объекта переработки. Существует множество методов шелушения масличных семян, основанных на следующих принципах или их сочетаниях: разрезание, скалывание, сжатие, удар, истирание, разрыв и т.д.

Известно много методов шелушения масличных семян, основанных на следующих принципах или их сочетаниях: разрезание, скалывание, сжатие, удар, трение и т.д. [4,5].

В промышленности более распространены методы, основанные на ударе и разрезании. При этом различают методы многократного и однократного ударов. в течение очень короткого времени [4].

Известно устройства для лущения и очистки зерновых культур, включающий в себя барабан установленный с возможностью вращения вокруг горизонтальной оси и осевого перемещения. Оболочка барабана окружена с жестким корпусом и напротив одного из его торцов расположена с установлением радиальной кольцевой щели корпусная кольцевая поверхность, через центральное отверстие которой подводится очищаемый материал и последовательно проходит радиальную и кольцевые осевые щели [6]. Преимуществом данного метода является наличие ударных ножей.

Также известен способ отделения оболочек злаковых семян, обычно состоящий из механического воздействия на семя. Этот способ основан на пропускании семян между двумя цилиндрами, вращающимися с различной скоростью, отделяя шелуху от зерна посредством силы трения [7].

Основным недостатком этого является, чрезмерно высокий процент разрушения зерен семян.

Тюрев Е.П. с сотрудниками установили, что при нагреве различных видов зерна с последующей «взрывной» обработкой скорость нагрева сильно зависит от влагосодержания [8]. С ростом влагосодержания зерна, при определенной плотности

теплового потока ИК-излучения, падает скорость нагрева, т.к. интенсивность испарения влаги, содержащейся в зерне выше, что быстрее создает критическое избыточное давление, необходимое для разрушения зерновки. Недостатком нагрева материала ИК-излучением является большая зависимость процесса «взрывной» обработки от исходной влажности. При влажности менее 2% взрывной эффект не происходит, а при $U > 4,5\%$ - происходит увеличение энергетических затрат и времени обработки.

Технология переработки масличных семян и зерновых на экструдерах, экспандерах, плющалках, СВЧ и микронизаторах, в которых объект подвергается гидротермической обработке в течении менее 5 с времени не позволяет достичь полного раскалывания [9].

Недостатки этих методов в том, что повышение эффективности требует предварительной пропарки в сочетании с поджаркой, перед плющением, экструдированием и обработкой СВЧ, либо ИКЛ. Однако, это ведет к значительному усложнению технологии и высокой энергоемкости процессов.

Многочисленные исследования в области шелушения маслосодержащих материалов показали, что скорость нагрева материала является одним из основных факторов при получении «взорванных» целых ядер [8,9].

Влияние технологических параметров: влажности семян, давления в сосуде, высоты и поперечного сечения слоя семян, объема рабочего агента показали, что обрушивание методом сброса давления воздуха дает значительно более высокие показатели, чем получаемые в настоящее время на используемом в промышленности оборудовании [10].

В исследованиях проведенных в КТИПП в качестве рабочего агента применялись как газы, так и водяной пар. При давлении газа 2,45 МПа в рушанке осталось 25-40% необрушенных семян, а при давлении водяного пара 0,88-1,07 МПа была получена рушанка с содержанием семян 3-10%.

Известен патент США, в котором представлена машина барабанного типа для очистки зерна от шелухи [7]. Сложность конструкции ограничивает применение данного аппарата для шелушения зерна.

Известно устройство для лущения и очистки зерновых культур, включающий барабан с возможностью вращения вокруг горизонтальной оси и осевого перемещения. Оболочка барабана окружена цилиндром с жестким корпусом, и напротив одного из его торцов расположена с установлением радиальной кольцевой щели корпусная кольцевая поверхность, через центральное отверстие которой подводится очищаемый материал, который проходит радиальную и кольцевые осевые щели [6]. Недостаток данного устройства в сложности его изготовления и трудности при эксплуатации.

Многочисленные исследования в области шелушения маслосодержащих материалов показали, что скорость нагрева материала является одним из основных факторов при получении «взорванных» целых ядер [8,11,12].

В пищевой промышленности наиболее широкое применение нашли методы основанные на ударе и разрезании. Кроме данного метода шелушения существуют: способ аэрошелушения, метод циклических изменений давления среды, метод мгновенного снятия избыточного давления пара, электрогидравлического эффекта и т.д. [4]. Но, в настоящее время, общий недостаток применяемых методов в промышленности является не полное раскалывание или большие энергетические

затраты. Существующие методы морально устарели, и дальнейшее их совершенствование не даёт существенного увеличения выхода готового продукта и качества. Разработка нетрадиционных технологий, правильный подбор оборудования обеспечат рациональное использование сырья, сокращение отходов, а это в свою очередь – снижение материало- и энергоемкости продукции.

Методы исследования. Лабораторная установка для шелушения масличных семян, в том числе и сафлора (рис.1а) представляет собой цилиндрическую камеру диаметром $d=0,219$ м, длиной $l=0,350$ м, которая изготовлена из углеродистой стали Ст.45, установлена на опорах и закреплена при помощи хомутов. Объем рабочей камеры составляет $V=0,020$ м³, одна сторона цилиндра имеет плоское днище, а вторая снабжена затвором с прокладкой и специальным устройством для мгновенного сброса давления в рабочей камере. К плоскому днищу приварен штуцер для ввода пара и на нем установлен манометр, контролирующий давление в рабочей камере. Для получения острого пара изготовлен цилиндрический испаритель объемом $0,05$ м³, внутри которого имеется перегородка (8) для предотвращения уноса конденсата в трубопровод и в рабочую камеру. Цилиндрический испаритель имеет с обеих сторон плоские днища и соединен трубопроводом с рабочей камерой, куда подается пар. Влаготепловая обработка, в зависимости от исходной влажности производилась в течение 90-150 с, после чего при помощи рычага, затвор с прокладкой резко открывается. Испаритель снабжен штуцером для ввода воды и в верхней части имеется предохранительный клапан.

Испарение обеспечивается газовой горелкой. Давление водяного пара контролируется манометром, установленного на штуцере. Соответствующая температура насыщенного пара определяется по таблице $t=f(p)$ [13,14].

В целях предотвращения уноса конденсата в трубопровод и в рабочую камеру, внутри испарителя смонтирована глухая сегментная перегородка. Расход пара осуществляется при помощи измерительной диафрагмы в комплекте с U-образным дифманометром.

Пар перед подачей в рабочую камеру перегревается и его температура на 2-4⁰С выше, чем температура пара в рабочей камере. В целях предотвращения конденсации водяного пара при движении по прорезинованному шлангу внешняя часть его покрыта теплоизоляционным материалом. В целях быстрого заполнения рабочей камеры насыщенным паром, из него отсасывается воздух. Расход и давление пара в камере регулируется при помощи вентиля. До начала каждой серии экспериментов по очистке и получению пюре определяют влажность U , геометрические размеры d_z , загрязненность z объекта переработки. Далее взвешивается необходимое количество сырья и помещается в рабочую камеру экспериментальной установки. Вентиль, установленный между испарителем и рабочей камерой, перекрыт. Испаритель через штуцер наполовину наполняется водой и одновременно зажигается горелка для обогрева и получения пара. Испаритель позволяет получить пар давлением $\sim 1,0$ МПа. После установки давления $p=0,67-0,7$ МПа открывается вентиль и в рабочую камеру нагнетается водяной пар. По достижению в рабочей камере необходимого давления, согласно плану проведения экспериментов, вентиль паропровода перекрывается. С этого момента начинается паротермическая обработка растительного сырья.

Продолжительность данного этапа составляет – 70-150 с в зависимости от процесса (очистка или измельчение), исходной влажности и давления острого пара.

По истечению времени данного этапа обработки затвор с прокладкой быстро открывается. В верхней части испарителя имеется штуцер для ввода технической воды и предохранительный клапан. Для регулирования избыточного давления в рабочей камере на линии трубопровода установлен паровой вентиль.

Экспериментальные исследования по шелушению сафлора приведены в табл. 1.
Таблица 1.

Режимные параметры экспериментов при шелушении сафлора

| № п/п | Наименование объекта | Влажность, % | Загрязненность, % | Давление вод. пара, МПа | Коэф. заполнения аппарата | Эквивалент. диаметр, мм |
|-------|----------------------|--------------|-------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | Сафлор | 14,8 | 2,90 | 0,15-0,6 | 0,4-0,7 | 1,8-2,5 |
| | | 10,2 | 1,30 | 0,15-0,6 | 0,4-0,7 | 1,8-2,5 |
| | | 4,5 | 0,85 | 0,15-0,6 | 0,4-0,7 | 1,8-2,5 |

Режимные параметры изменялись в следующем диапазоне: относительное давление $P/P_0 = 1,5 \div 6,0$, влажность материалов $U = 6,8-13,4\%$.

По ходу опытов помимо вышеперечисленных параметров варьировались также следующие факторы: темп нагрева $dt/d\tau = 0,85-1,12^\circ\text{C}/\text{с}$; время сброса давления из аппарата $\tau_{\text{сб}} = 0,005-0,07$ с. Для определения массовой доли ядра и кожицы используют известные формулы [14].

Обсуждение. Сафлор имеет специфическую особенность (рис.2а), и его шелушение существующими способами и аппаратами затруднено еще и тем, что между ядром и кожицей отсутствует воздушный зазор. Поэтому выбран нетрадиционный метод мгновенного сброса давления и проведены экспериментальные исследования по влиянию различных параметров на эффективность процесса.

В данном методе шелушения в качестве рабочего агента используется водяной пар. С ростом абсолютного давления внутри рабочей камеры установки от 0,25 до 0,45 МПа влажность кожицы и ядра сафлора также увеличивается (рис.1).

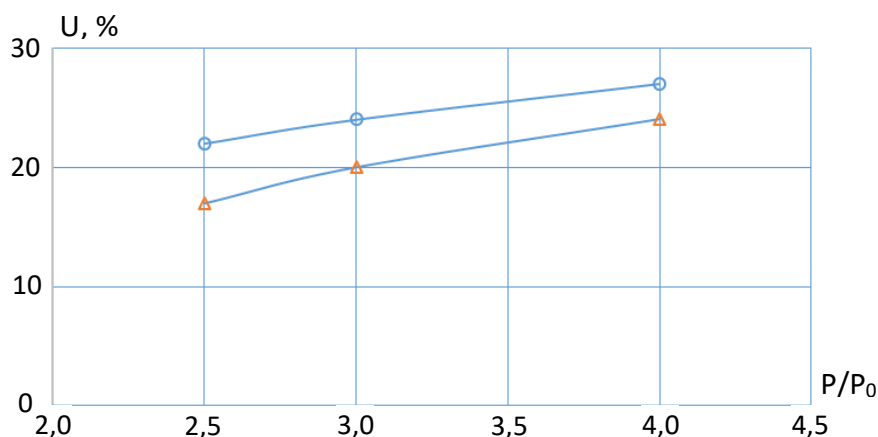


Рис.1. Изменение влажности ядро и кожуха сафлора при шелушении
методом мгновенного сброса давления.

○ – кожух; Δ – ядро.

Из графика видно, что при значении давления острого пара $P=0,25$ МПа влажность ядра $U=17,7\%$ и кожицы $U=22\%$, а при $P=0,3$ МПа величина влажности ядра составила соответственно $U=20,6\%$ и кожицы $U=23,9\%$, а при $P=0,4$ МПа прирост влажности ядра составил $U=24,6\%$ и кожуха $U=27,4\%$.

Если процесс идет при плавном, с малым темпом нагрева происходит излишнее увлажнение объекта переработки и при резком сбросе давления ядро чрезмерно измельчается на мелкие, сильно увлажненные, пластилинообразные частицы. При быстром нагревании масляного сырья, содержащаяся внутри материала влага перегревается и при резком сбросе давления, влага с прогретого и увлажненного поверхностного слоя по микрокапиллярам устремляется внаружу и разрывает кожуцу сафлора в наименее прочной части, т.е. по линии концентрации напряжения.

Опыты по влиянию давления острого пара на степень шелушению семян сафлора приведены на табл.1.

Таблица 1.

Влияние относительного давления пара на степень шелушения сафлора

| № п/п | Относительное давление вод.пара | 2,08 | 2,5 | 3,1 | 3,3 | 3,7 |
|-------|---------------------------------|------|------|-----|------|------|
| 1 | W=14,8% | 24 | 46,3 | 56 | 83,5 | 93 |
| | W=10,3% | 18,7 | 32,8 | 40 | 61 | 86,5 |

Как видно из табл. 1, при исходной влажности $W=10,3\%$ и относительном давлении $P/P_0=2,08$ степень шелушения $S=18,7\%$, при $P/P_0=3,1$ степень шелушения $S=40\%$ и соответственно при $P/P_0=3,7$ степень шелушения $S=86,5\%$. С ростом исходной влажности до $W=14,8\%$ и относительном давлении $P/P_0=2,08$ степень шелушения $S=24\%$, при $P/P_0=3,1$ степень шелушения $S=56\%$ и соответственно при $P/P_0=3,7$ степень шелушения $S=93\%$. Анализ экспериментальных данных по шелушению показывает, что интенсификация процесса шелушения достигает до 1,4 раза.



Рис.2. Фотоснимки исходного сафлора и после шелушения методом мгновенного сброса давления.

Из-за прочной и плотно прилегающей кожицы семян сафлора к ядру процесс шелушения методом мгновенного сброса давления несколько затруднен. В процессе паротермической обработки, связанной с определенным давлением в замкнутом объеме, влага не может испариться и жидкость находится в перегретом состоянии. Как только давление из аппарата мгновенно сбрасывается путем открытия затвора, давление в аппарате быстро выравнивается с давлением окружающей среды (атмосферное) и перегретая влага в ядре мгновенно вскипает, происходит парообразование и влажный пар устремляется от центра через микрокапилляры в наружу.

Механизм шелушения масличных семян методом мгновенного сброса давления следующий: в период движения, водяной пар расширяет микрокапилляры и достигает размягшую кожицу. к тому времени, под действием влаготепловой обработки под давлением кожица увлажняется, ослабляется связь лузги с ядром, а это в свою очередь значительно облегчает процесс шелушение сафлора.

Только при выполнении условия, что критическое давление пара внутри объекта больше, чем прочность кожицы происходит разрыв кожицы семян сафлора водяным паром и ядро с высокой скоростью удаляется из оболочки, разорвав наружную кожицу. Визуальный осмотр и микроскопические исследования показали, что в процессе шелушения методом мгновенного сброса давления происходят существенные изменения в структуре ядра перерабатываемых семян, т.е. сафлора, подсолнечника, хлопковых или других масличных семян [15]. Общеизвестно, что структурные изменения характеризуются увеличением пористости ядра и разрушению клеточной структуры [1,2,3].

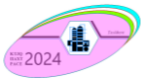
Так, после шелушения ММСД кожица получается неизмельченной, но с сильно измененной формой, которая имеет разрыв в по линии концентрации напряжений (рис.2). Форма, прочность ядра помимо физико-механических изменений притерпевают и структурные изменения [15]. Но самое главное изменение – это увеличение объема ядра и целостность кожицы. Подобное увеличение свидетельствует об увеличении диаметра микрокапилляров при движении водяного пара изнутри к периферии ядра семян сафлора, что создает благоприятные условия для отжима масла [16].

Заключение. Предлагаемый метод мгновенного сброса давления позволил осуществить успешное шелушение семян сафлора с плотно прилегающей к ядру кожицы. Шелушение методом мгновенного сброса давления обеспечивает получение рушанки из целых и измельченных ядер, неизмельченной шелухи, полурасколотых и пустых семян, а также сора. Такой фракционный состав, с резко отличающимися физико-механическими свойствами составляющих фракций, легко осуществить воздушную классификацию. Иными словами, рушанка семян сафлора, полученная методом мгновенного сброса давления по составу и качеству удобна для воздушной классификации на фракции [17].

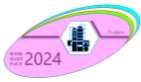
Одним из основных достоинств шелушения сафлора методом мгновенного сброса давления является независимость её эффективности от наличия и количества примесей различного рода, а также излишняя исходная влажности материала.

Список использованной литературы

1. О'Брайен Ричард. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение / пер. с англ./ СПб, «Профессия», 2007. – 752 с.
2. Белобородов В.В., Мацук Ю.П., Кириевский Б.Н., Кузнецов А.Т. Подготовительные процессы при переработке масличных семян. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 336 с.
3. Кадирбаев М.К., Еркебаев М.Ж., Садвокасова Д.С., Матеев Е.З., Шахов С.В. Технологическая линия производства сафлорового масла // Вестник Алматинского технологического института, 2013. - №5. – с.16-20.
4. Белобородов В.В., Мацук Ю.П., Кириевский Б.Н., Кузнецов А.Т. Подготовительные процессы при переработке масличных семян. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 336 с.
5. Руководство по технологии и переработке растительных масел и жиров / под ред. А.Г.Сергеева. - Л.: ВНИИЖ, 1975. – т.1. – кн.2. – 316 с.
6. Патент США 1938328, МКИ³ А23N 2/01. Устройство для лушения и очистки зерновых культур / Гриффит Р.Х. - Приор. от 5.12.1933. – ил.5.- 7 с.
7. Патент США N4066012, МКИ² В02В 3/04. Машина для очистки зерна от шелухи. Тошико Сатаке, Акира Конно, Хиромичи Янагихара.- Приор. от 2.06.1975, Бюлл. №3, 3.01.1976 – 8 с.
8. Тюрев Е.П., Киракосян Ю.Р., Кирдяшкин В.В., Никольская Ю.А. Применение ИК-излучения при выработке хлопьев ячменя // Пищевая промышленность, 1990. - №1. – С.36-39.
9. Михайлов В.М., Михайлов В.В., Дадаян И.В. Взорванные зерна // Пищевая промышленность, 2003. - №1.- С.32-33.
10. Зарембо Г.В. и др. Обрушивание семян подсолнечника методом сброса давления воздуха // МЖП, 1976. - №9. - С.17-19.
11. Кузнецов А.Т., Мацук Ю.Н., Логичева Р.А. Метод расчета эффективности обрушивающих машин // МЖП, 1974. - №10.- С.5-6.
12. Марчук Г.С. Отделение ядра от скорлупы при переработке плодовых косточек // МЖП, 1981. - №6.- С.10-12.
13. Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементарноорганических соединений. – СПб.: Мир и семья, 2002. –1280 с.



14. Юсупбеков Н.Р., Закиров С.Г., Нурмухамедов Х.С. Кимёвий технология жараён ва қурилмалари. - Т.: Шарқ, 2023. - 608 с.
15. Патент РУз №1966, МКИ⁵ В02В 3/00. Способ шелушения хлопковых семян // Нурмухамедов Х.С., Нигмаджанов С.К., Зуфаров Р.Н., Сагитов А.М., Хайридинов Х.А. и др. – Приор. от 13.10.1993, Бюлл. №3, 30.09.1994 – 4 с.
16. Патент РУз №2593, МКИ⁵ С01В 1/04. Способ подготовки мятки хлопковых семян к прессованию // Нурмухамедов Х.С., Юсупбеков Н.Р., Сагитов А., Абдуллаева В.Т. и др. – Приор. от 12.06.1994, Бюлл. №2, 30.06.1995 – 5 с.
17. Патент РУз №2539, МКИ⁵ В07В 4/07. Сушка классификации хлопковой рушанки в воздушном потоке // Нурмухамедов Х.С., Юсупбеков Н.Р., Закиров С. Г., Сагитов А.М., Хайридинов Х.А. и др. – Приор. от 12.06.1994, Бюлл. №2, 30.06.1995 – 5 с.



PARRANDA TUXUMI PO'CHOQLARI ASOSIDA FUNKSIONAL UNLI QNDOLAT MAHSULOTI OLISH IMKONIYATINI TADQIQ QILISH

Xaydarova M.R.¹, Ro'zmetova D.T.², Kuramboyev T.B.³

¹Urganch davlat universiteti, Urganch shahar,
O'zbekistan, Email: kabulovadildora2@gmail.com tel: +99891 995 03 55.

²Urganch davlat universiteti, Urganch shahar,
O'zbekistan, Email: ruzmetovadildora2018@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0819-6688>, tel: +99890 725 72 86

³Urganch davlat universiteti, Urganch shahar,
O'zbekistan, Email: kuramboyevtoxir25@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1605-384X> tel: +99897 299 99 08

Annotatsiya: Parranda tuxumi po'chog'i eng ko'p uchraydigan oziq-ovqat chiqindisi bo'lib, u ishlab chiqarish sanoati va uy-ro'zg'ordan chiqadigan qattiq chiqindi turiga kiradi. Butun dunyoda tuxum po'chog'ining chiqishi yiliga 50,000 tonnani tashkil qiladi [1]. Tuxum po'chog'i asosan ikki qavatdan: kal'siy karbonatdan tashkil topgan tuxum po'chog'ining o'zi va oqsil strukturali tuxum po'choq membranasi iborat. Bu mahsulot iste'mol qilinmaydi, past iqtisodiy qiymatga ega va katta chiqinlar evaziga axlatxonalarga ko'mib tashlanadi [2]. Tuxum po'chog'i chiqindisining ko'p miqdorda mavjudligi, agarda kerakli choralar ko'rilmasa, atrof-muhitni ifloslantiruvchi potentsial material bo'lib qolishda davom etadi. Ayni vaqtda so'nggi olib borilgan ilmiy tadqiqotlarga ko'ra tuxum po'chog'i tarkibidagi Ca inson organizmida yaxshi xazm bo'lishi haqida ma'lumotlar keltirilgan. Vaholanki, Ca inson organizmi uchun talab qilinadigan eng muhim minerallardan biri hisoblanadi. Bu ilmiy ma'lumotlar ushbu oziq ovqat sanoati chiqindisini qayta ishlab, uning asosida funksional oziq ovqat mahsuloti olish imkoniyati borasida tadqiqotlar olib boorish zaruriyatini ko'rsatadi. Ushbu ilmiy ishda ayni yo'nalishdagi dastlabki ilmiy tadqiqotlarimiz natijalari berilgan.

Kalit so'zlar: tuxum po'chog'i, kal'siy, mineral moddalar, funksional oziq-ovqat, atrof-muhit, tibbiyot.

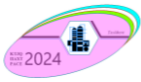
Аннотация: Скорлупа яиц птиц – наиболее распространенные пищевые отходы, которые относятся к типу твердых отходов обрабатывающей промышленности и домашнего хозяйства. Производство яичной скорлупы во всем мире составляет 50 000 тонн в год [1]. Яичная скорлупа состоит преимущественно из двух слоев: собственно яичной скорлупы, состоящей из карбоната кальция, и оболочки яичной скорлупы, имеющей белковую структуру. Этот продукт не потребляется, имеет низкую экономическую ценность и захоранивается на свалках из-за крупных отходов [2]. Наличие большого количества отходов яичной скорлупы будет продолжать оставаться потенциальным загрязнителем окружающей среды, если не будут приняты соответствующие меры. В то же время, согласно последним научным исследованиям, имеются сведения о хорошем усвоении организмом человека Ca, содержащегося в яичной скорлупе. Однако Ca является одним из наиболее важных минералов, необходимых человеческому организму. Эти научные данные свидетельствуют о необходимости проведения исследований возможности переработки этих отходов пищевой промышленности и получения на их основе функционального пищевого продукта. В данной научной работе приведены результаты наших предварительных научных исследований в том же направлении.

Ключевые слова: яичная скорлупа, кальций, минеральные вещества, функциональное питание, окружающая среда, медицина.

Abstract: Poultry egg shell is the most common food waste, which belongs to the type of solid waste from the manufacturing industry and households. The production of eggshells in the whole world is 50,000 tons per year [1]. The egg shell consists mainly of two layers: the egg shell itself, which consists of calcium carbonate, and the egg shell membrane, which has a protein structure. This product is not consumed, has a low economic value and is buried in landfills due to large wastes [2]. The presence of large amounts of eggshell waste will continue to be a potential environmental pollutant if appropriate measures are not taken. At the same time, according to the latest scientific researches, there is information about the good digestion of Ca in the egg shell by the human body. However, Ca is one of the most important minerals required by the human body. These scientific data indicate the necessity of conducting research on the possibility of reprocessing this food industry waste and obtaining a functional food product based on it. In this scientific work, the results of our preliminary scientific research in the same direction are given.

Key words: egg shell, calcium, mineral substances, functional food, environment, medicine.

Kirish. Parranda tuxumi uchta asosiy komponentdan tarkib topadi: tuxum po'chog'i, tuxum oqi va tuxum sarig'i [3]. Xususan, parranda tuxumi po'chog'i qattiq va egiluvchan qatlam, kristal va adsorbsion kal'siyli qatlam, yadro va shilimshiqli qatlamdan iborat. Ichki yuza membranasi bir qatlamli bo'lib ko'rinadi, lekin u tolalarning ikki qatlamiga ajraladi. Birinchi qatlam albumin bilan o'ralgan, ikkinchi qatlam esa membrananing ichki va tashqi qavatidagi kal'siyli tuxum po'chog'iga bog'langan. Tuxum po'chog'i tashqi membrana tolalarida, xujayra tashqarisidagi



maydonda, albumen va shilimshiq modda bilan qoplangan qobiq membranalar orasida boshqariladigan kal'siy karbonat depozitidan hosil bo'ladi [4-6]. Tuxum po'chog'ining kimyoviy tarkibi haqida ko'p marta ma'lumotlar berilgan [7-9]. Barcha ma'lumotlarda asosiy komponent kal'sit ko'rinishidagi kal'siy karbonat ekanligi va uning miqdori 94–97% oralig'ida ekanligi aytilgan [10-12]. Tarkibdagi boshqa komponentlar $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (1%), MgCO_3 (1%) va organik moddalardir (4%) [11]. Tuxum po'chog'i 90% CaCO_3 dan tarkib topgan kal'siy strukturali moddadir. Boshqa ilmiy ishlarda keltirilishicha tuxum po'chog'idagi CaCO_3 95% atrofida va 3.5% oqsillar, glikoproteinlar va proteoglikanlardan iborat organik matritsadan iborat [4,13]. Tuxum po'choq membranasini asosan kollagen oqsillaridan (I, III, V va X), osteopontin, fibronektin, keratin, histonlar, avian beta defensinlar, ovocalyxin-36, apolipoproteinlar, protocadherin, chondroitin sulfat, ovotransferrin, hyaluronik kislota va sialik kislota, hamda turli xil glisin, prolin va serin kabi aminokislotalardan iborat [14-21]. Tuxum po'chog'i to'liq shaklda o'g'it sifatida, kukun holatida polipropilen kompozitlar, ishqor va kal'siyli qo'shimchalar uchun fil'tr sifatida qo'llanilishi mumkin. U shuningdek tarkibida kal'siy karbonat, kal'siy glutamat, monokal'siy va dikal'siy fosfat, organik kal'siy va gidroksiapatit kabi sintetik qo'shimchalar xam tutadi. Bundan tashqari tuxum po'chog'i tuproq va suvni og'ir metallardan tozalovchi material sifatida qo'llaniladi. Medicinada tuxum po'chog'i membrana polipeptid ekstraksiyasi osteoblast hujayralarini o'sishini stimullashga yordam beradi, hialuronik kislota ekstraksiya materiali sifatida osteoartritni davolashda, yallig'lanishga qarshi component sifatida, oshqozon-ichak kasalliklarini davolovchi component sifatida, gipertenziyani davolovchi sifatida va kosmetik qo'shimchalar sifatida qo'llaniladi [22]. Oziq-ovqat sektorida tuxum po'chog'i alternativ kal'siy manbasi sifatida qo'llaniladi [23-25]. Tuxum po'chog'i non mahsulotlari [26], pishiriqlar [27], shokoladli tortlar [28] va yogurt [29] ishlab chiqarishda oziq-ovqat qo'shimchasi sifatida keng qo'llaniladi. Kal'siy (Ca) inson tanasida eng ko'p bo'lgan mineral bo'lib, u suyaklarni mustahkam bo'lishida va turli xil fiziologik funksiyalarni bajarishda muhim rol o'ynaydi. Suyaklar va tishlarda to'plangan deyarli barcha kal'siy ularning strukturasi munosib qattqlikda ushlab turishga imkon beradi. Kal'siyning qolgan qismi asab hujayralarida, tana to'qimalarida, qon va boshqa tanadagi suyuqliklarda mavjud bo'ladi [30]. Bir qator rivojlangan davlatlarda allaqachon tuxum po'chog'i Ca ning ajoyib manbasi sifatidajuda qadrlanadi [31-32]. Kal'siy Ca ning adsorbsiyalanishi tozalangan CaCO_3 dan va tuxum po'chog'i kukunidan umuman farq qilmaydi [33]. Tuxum po'chog'i kukuni vitamin D₃ bilan birgalikda va Mg hamroxligida qabul qilgan postmenopauzal davrdagi osteoporozdan aziyat chekayotgan ayollarning suyaklarida Ca konsentraciyasi oshganligi kuzatilgan [34]. Keltirilgan ma'lumotlardan kelib chiqib shuni ta'kidlash lozimki, respublikamizdagi umumiy ovqatlanish korxonalarida va uy-ro'zg'orda hosil bo'layotgan oziq-ovqat chiqindisi bo'lgan tuxum po'chog'ini isrof qilmasdan maqsadli yo'naltirish va shu orqali insonlar salomatligi uchun foydali oziq-ovqat qo'shimchasi tayyorlash imkoniyatini tadqiq qilish, shu bilan birga atrof muhit ifloslanishining oldini olish hozirgi kundagi dolzarb masalalardan biridir.

Tadqiqot maqsadi: Mahalliy oziq ovqat sanoati chiqindisi, parranda tuxumi po'choqlarini qayta ishlab, maqsadli yo'naltirgan holda, insonlar salomatligi uchun zarur bo'lgan Ca mineraliga boy bo'lgan funksional oziq ovqat mahsuloti olish imkoniyatini tadqiq qilish.

Olingan tadqiqot usullari va natijalari: *Turli oziq ovqat sanoati korxonalaridan, mahalliy umumiy ovqatlanish korxonalaridan va uy ro'zg'or manbalaridan* tuxum po'choqlari yig'ish va iflosliklardan tozalandi. tuxum po'choq namunalari yig'ildi. Yig'ilgan namunalarda vodoprovod suvida yuvildi va laboratoriya jarayonlarini boshlashdan oldin quritildi. So'ngra tuxum po'choqlari qaynatildi (30min). Tuxum po'chog'i kukunini tayyorlash: Iflosliklardan tozalangan tuxum po'choqlari 90 °C haroratda 30 minut quritildi, so'ngra laboratoriya tegirmoni (IKA A10 basic. Model: A10 B S000) da kukun holatiga keltirildi. Kukun zarrachalarining o'lchamlarini bir xilligini ta'minlash uchun teshigining diametri 50 μm bo'lgan elakda elandi. Har bir tuxum po'chog'idan olingan maydalangan kukun miqdorini aniqlash umumiy olingan kukun miqdorini tuxum butun po'choqlari miqdoriga nisbati orqali amalga oshirildi.

Natijalar va xulosalar: Quyidagi 3-jadvalda tuxum po'chog'ining tajribalarda aniqlangan ko'rsatkichlari keltirildi.

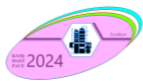
Jadval 1

| | Namunalar | Tuxumning umumiy massasi | Qaynatilgan po'choq massasi(gr) | Qaynatilmagan po'choq massasi(gr) | Qaynash vaqti(min) | Tayyorlangan kukun miqdori(g r) |
|----------|------------------|---------------------------------|--|--|---------------------------|--|
| 1 | Namuna1 | 65 | 6 | 6,2 | 30 | 5,8 |
| 2 | Namuna2 | 64 | 5,6 | 5,9 | 30 | 5,3 |
| 3 | Namuna3 | 68 | 7,8 | 8 | 30 | 7,6 |

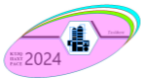
Natijalar va xulosalar. Tuxum po'choqlarini dastlabki tayyorlash, tozalash va undan kerakli o'lchamli kukun hosil qilish borasida tadqiqotlar olib borildi. Olingan natijalarga ko'ra, tuxum po'choqlari kukuni ishlab chiqarish jarayonida yo'qotishlar juda kam miqdorda bo'lishi aniqlandi. Bu holat tuxum po'choqlari kukuni asosida funksional oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarish jarayonida iqtisodiy samaradorlikka erishishga imkoniyat yaratadi. Navbatda tayyorlangan tuxum po'choqlari kukuni asosida funksional oziq ovqat mahsulotlari retsepturalarini ishlab chiqish bo'yicha tajribalar davom qildiriladi.

Adabiyotlar ro'yhati:

1. Palka, K. (2006). “Chemical and functional properties of food components,” in *Chemical and Functional Properties of Food Components*, 3rd Edn, ed Z. E.Sikorski (Boca Raton: CRC Press), 15–28
2. Faridi H, Arabhosseini A. Application of eggshell wastes as valuable and utilizable products: A review. *Res Agric Eng*. 2018;64(2):104–14. doi:10.17221/6/2017-RAE
3. Dudusola IO. Comparative evaluation of internal and external qualities of eggs from quail and guinea fowl. *Int Res J Plant Sci*. 2010;1(5):112–5. doi: 10.3390/antiox10030439.
4. Hincke MT, Nys Y, Gautron J, Mann K, RodriguezNavarro AB, McKee MD. The eggshell: Structure, composition and mineralization. *Front Biosci*.2012;17(4):1266–80. doi: 10.2741/3985.
5. Hamilton RMG. The microstructure of the hen' s Eggshell -A short review. *Food Struct*. 1986;5(1):99–110. Available at: <https://digitalcommons.usu.edu/foodmicrostructure/vol5/iss1/13>.
6. Nys Y, Zawadzki J, Gautron J, Nolls AD, Avicoles SDR. Whitening of Brown-Shelled Eggs: Mineral Composition of Uterine Fluid and Rate of Protoporphyrin Deposition. *Poult Sci*. 1991;70:1236–45. doi: 10.3382/ps.0701236
7. Nakano, T., Ikawa, N. I., and Ozimek, L. (2003). Chemical composition of chicken eggshell and shell membranes. *Poult. Sci*. 82, 510–514. doi: 10.1093/ps/82.3.510
7. Nys, Y., Gautron, J., Garcia-Ruiz, J. M., and Hincke, M. T. (2004). Avian eggshell mineralization: biochemical and functional characterization of matrix proteins. *Comptes Rendus Palevol*. 3, 549–562. doi: 10.1016/j.crvp.2004.08.002
8. Rose, M. L. H., and Hincke, M. T. (2009). Protein constituents of the eggshell: eggshellspecific matrix proteins. *Cell. Mol. Life Sci*. 66, 2707–2719. doi: 10.1007/s00018-009-0046-y
9. Burley, R. W., and Vadehra, D. V. (1989). *The Avian Egg: Chemistry and Biology*. New York, NY: Wiley-Interscience Publications.
10. Stadelman, W. J. (2000). “Egg and egg products,” in *Encyclopedia of Food Science and Technology*, 2nd Edn, ed F. J. Francis (New York: John Wiley & Sons), 593–599
11. Hunton, P. (2005). Research on eggshell structure and quality: an historical overview. *Revis. Bras. Ciencia Avicola* 7, 67–71. doi: 10.1590/S1516-635X2005000200001
12. Warsy, Sitti, Chadijah, Waode R. Telur Untuk Produksi Pasta Komposit. *J Jur Kim Fak Sains dan Teknol UIN Alauddin Makassar*. 2016;4(2):86–97. doi: 10.24252/al-kimia.v4i2.1683.
13. Mitchell W, Hendrix MJC, Mark K VON DER, Little C, Robert S. Collagen in the Eggshell Membranes of the Hen. *Developmental*.1984;104:28–36. doi:10.1016/0012-1606(84)90033-2.
14. Ohto-Fujita E, Shimizu M, Sano S, Kurimoto M, Yamazawa K, Atomi T, et al.Solubilized eggshell membrane supplies a type III collagen-rich elastic dermal papilla. *Cell Tissue Res*. 2019;376(1):123–35. doi: 10.1007/s00441-018-2954-3



15. Salama R, Khashaba M, El Rouby D. Histomorphometric evaluation of a nanosized eggshell-containing supplement as a natural alloplast: An animal study. *Saudi Dent J.* 2019;31(3):375–81. doi: 10.1016/j.sdentj.2019.03.011
16. Shi Y, Zhou K, Li D, Guyonnet V, Hincke MT, Mine Y. Avian eggshell membrane as a novel biomaterial: A review. *Foods.* 2021;10(9):1–15. doi: 10.3390/foods10092178
17. Liu Z, Zhang F, Li L, Li G, He W, Linhardt RJ. Compositional analysis and structural elucidation of glycosaminoglycans in chicken eggs. *Glycoconj J.* 2014;31(8):593–602. doi: 10.1007/s10719-014-9557-3
18. Nakano T, Ikawa NI, Ozimek L. Chemical composition of chicken eggshell and shell membranes. *Poult Sci.* 2003;82(3):510–4. doi: 10.1093/ps/82.3.510.
19. Gautron J, Hincke MT, Panheleux M, Garcia-Ruiz JM, Boldicke T, Nys Y. Ovotransferrin is a matrix protein of the hen eggshell membranes and basal calcified layer. *Connect Tissue Res.* 2001;42(4):255–67. doi: 10.3109/03008200109016840.
20. Ruff KJ, DeVore DP, Leu MD, Robinson MA. Eggshell membrane: a possible new natural therapeutic for joint and connective tissue disorders. Results from two open-label human clinical studies. *Clin Interv Aging.* 2009;4:235–40. doi: 10.2147/cia.s 5797.
21. M.M. Cordeiro C, T. Hincke M. Recent Patents on Eggshell: Shell and Membrane Applications. *Recent Patents Food, Nutr Agric.* 2012;3(1):1–8. doi: 0.2174/2212798411103010001
22. Chakraborty S, De SD. Eggshell: an alternative, cheap, bioavailable source of calcium in human diet. *Res Rev J Dairy Sci Technol.* 2019;8(2):25–33.
23. Islam MK, Tusty TA, Akhand AA, Ahsan N. Human Uptake of Eggshell Powder as an Alternate Source of Calcium. *Dhaka Univ J Pharm Sci.* 2019;18(2):249–55. doi: 10.3329/dujps.v18i2.44465
24. SINCLAIR HM. Food and Health. *Br Med J.* 1957;2(5058):1424-6. doi: 0.1136/bmj.2.5058.1424.
25. Bradauskienė V, Montrimaite K, Moscenkova E. Facilities of bread enrichment with calcium by using eggshell powder. *Foodbalt.* 2017;91–5. doi: 10.22616/foodbalt.2017.014
26. Hassan NMM. Chicken Eggshell Powder as Dietary Calcium Source in Biscuits. *World J Dairy Food Sci.* 2015;10(2):199–206. doi: 10.5829/idosi. wjdfs.2015.10.2.1152
27. Ray S, Kumar Barman A, Kumar Roy P, Kumar Singh B. The Pharma Innovation Journal 2017; 6(9): 01-04 Chicken eggshell powder as dietary calcium source in chocolate cakes. 2017;6(9):1–4.
28. El-Shibiny S, El-Gawad MAE-KMA, Assem FM, ElSayed SM. The use of nano-sized eggshell powder for calcium fortification of cow’s and buffalo’s milk yogurts. *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 2018;17(1):37–49. doi: 10.17306/J.AFS.2018.0541
29. Pravina, P., Sayaji, D. and Avinash, M. 2013. Calcium and its role in human body. *Int. J. Res. Phar. Biomed. Sci.* 4, 659-668
30. Rovenský, J., Stancíková, M., Masaryk, P., Svík, K. and Istok, R. 2003. Eggshell calcium in the prevention and treatment of osteoporosis. *Int. J. Clin. Pharmacol. Res.* 23, 83-92
31. Schaafsma, A., Pakan, I., Hofstede, G.J., Muskiet, F.A., Van Der Veer, E. and De Vries, P. 2000. Mineral, amino acid, and hormonal composition of chicken eggshell powder and the evaluation of its use in human nutrition. *J. Poult. Sci.* 79, 1833-1838.
32. Schaafsma, A. and Beelen, G.M. 1999. Eggshell powder, a comparable or better source of calcium than purified calcium carbonate: Piglet studies. *J. Sci. Food Agri.* 79, 1596-1600.
33. Czernichow, S., Fan, T., Nocea, G. and Sen, S.S. 2010. Calcium and vitamin D intake by postmenopausal women with osteoporosis in France. *Curr. Med. Res. Opin.* 26, 1667-74. doi: 10.1185/03007995.2010.483658



TUT IPAK QURTI G'UMBAGI MOYINI YOG' KISLOTA TARKIBINI O'RGANISH

Jumaniyazova Maxliyo Xushnud qizi¹, Ro'zmetova Dildora To'libayevna²,
Kurambayev Sherzod Raimberganovich³

¹Urganch davlat universiteti, Urganch shahar,
O'zbekistan, Email: jumaniyazovamaxliyo21@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-6560-8850>, tel: +99890 737 75 77.

²Urganch davlat universiteti, Urganch shahar,
O'zbekistan, Email: ruzmetovadildora2018@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0819-6688>, tel: +99890 725 72 86

³Urganch davlat universiteti, Urganch shahar,
O'zbekistan, E-mail: sherzod.k@urdu.uz
<https://orcid.org/0000-0002-9195-0508>, tel: +99893 922 51 02

Annottauya: Dunyo olimlari tomonidan olib borilgan ilmiy ishlarda oziq-ovqat sohasida ishlatiladigan yog' va moylar tarkibidagi to'yingan va to'yinmagan yog' kislotalarning inson salomatligiga ta'siri haqida ko'plab ma'lumotlar va ilmiy yangiliklar berilgan. Ularga ko'ra oziq ovqat moylari tarkibidagi ω -3 va ω -6 inson salomatligi uchun foydali bo'lib, ularning bu foydasi faqatgina ular moy tarkibida talab qilingan nisbatda bo'lgandagina yuzaga chiqadi. O'simlik moylari tarkibida ω -6 miqdori ω -3 ga nisbatan yuqori bo'lganligi sababli tarkibida ω -3 yog' kislotasi mavjud bo'lgan alternativ xom ashyo turlarini aniqlash va ularni oziq-ovqat sanoatida qo'llash imkoniyatini o'rganish bugungi kunning dolzarb savollaridan biri hisoblanadi. Ipak qurti g'umbagi moyi ana shunday alternativ yog'-moy manbalaridan biri bo'lib, uni o'rganish borasidagi tadqiqotlarni yog' kislotasi tarkibini o'rganishdan boshladik. Olingan dastlabki GX analizi natijasiga ko'ra, ipak qurti g'umbagi moyi tarkibida to'yinmagan yog' kislotalari: C18:1 (28,96%), C18:1 (35,47%) mavjud.

Kalit so'zlar: essensial yog' kislotalar, to'yinmagan yog' kislotalar, ω -3 yog' kislotasi, ω -6 yog' kislotasi, alternativ moyli xom-ashyo.

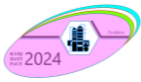
Аннотация: В научных работах ученых мира приведено много информации и научных новостей о влиянии насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, содержащихся в жирах и маслах, используемых в пищевой промышленности, на здоровье человека. По их мнению, ω -3 и ω -6, содержащиеся в пищевых маслах, полезны для здоровья человека, и эта польза от них проявляется только тогда, когда они находятся в масле в необходимой пропорции. Поскольку содержание ω -6 в растительных маслах выше, чем ω -3, выявление альтернативных видов сырья, содержащих ω -3 жирные кислоты, и возможность их использования в пищевой промышленности являются актуальными на сегодняшний день. Из насущных вопросов. Масло кокона тутового червя является одним из таких альтернативных источников масла, и мы начали его исследование с изучения его жирнокислотного состава. По результатам полученного предварительного GX-анализа масло тутового шелкопряда содержит ненасыщенные жирные кислоты: C18:1 (28,96%), C18:1 (35,47%).

Ключевые слова: незаменимые жирные кислоты, ненасыщенные жирные кислоты, ω -3 жирные кислоты, ω -6 жирные кислоты, альтернативное нефтяное сырье.

Abstract: Research papers by scientists around the world have provided much information and scientific news on the effects of saturated and unsaturated fatty acids found in fats and oils used in the food industry on human health. According to them, the ω -3 and ω -6 found in edible oils are beneficial to human health, and this benefit only occurs when they are in the oil in the proper proportion. Since the content of ω -6 in vegetable oils is higher than ω -3, the identification of alternative raw materials containing ω -3 fatty acids and the possibility of their use in the food industry are relevant to date. of pressing issues. Mulberry worm cocoon oil is one such alternative oil source, and we started its study by examining its fatty acid composition. According to the results of the preliminary GX-analysis obtained, mulberry silkworm oil contains unsaturated fatty acids: C18:1 (28.96%), C18:1 (35.47%).

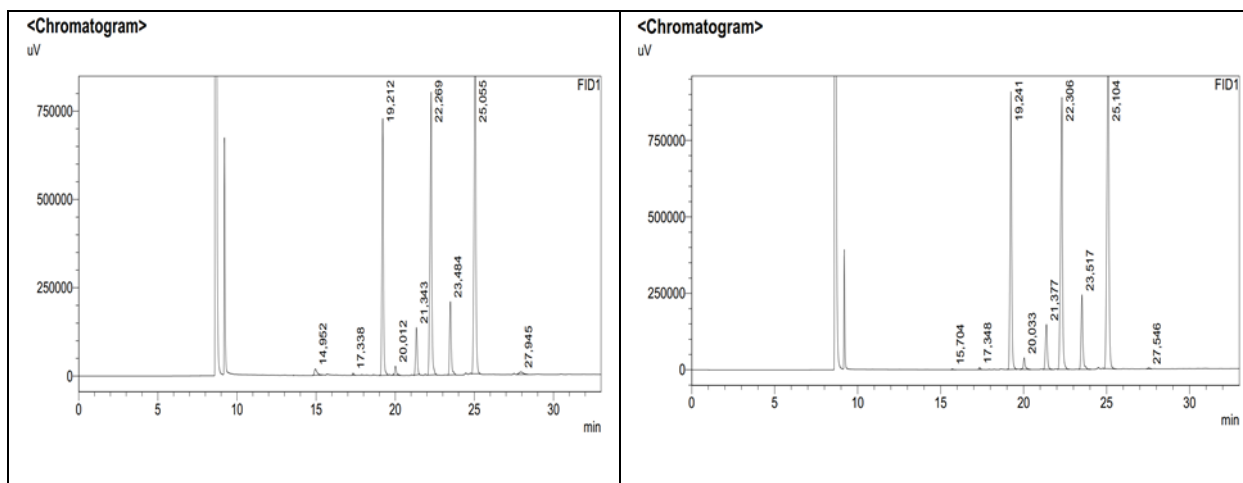
Keywords: essential fatty acids, unsaturated fatty acids, ω -3 fatty acids, ω -6 fatty acids, alternative oil feedstock.

Kirish: Iste'mol qilinadigan yog'larning sifati va miqdori ma'lum kasalliklarning etiologiyasiga sezilarli ta'sir qiladi. Lipid strukturasi asosiy tarkibiy qismi yog' kislotalari deb nomlanuvchi to'g'ri zanjirli alifatik karboksilik kislotalardir. Tibbiy va ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki [1] ko'p to'yinmagan yog' kislotalar bir qator kasalliklarning oldini olish va davolashda, jumladan insulin sezgirlikni oshirish, qon bosimini pasaytirish, trombotik tendentsiyani kamaytirish, yallig'lanishga qarshi va antiaritmik ta'sirlarni, qon tomir endotelial funktsiyasini yaxshilash va toshmaga qarshi barqarorligini oshirishda yaxshi ta'sir ko'rsatadi [2-4]. Ko'p to'yinmagan yog' kislotalar turli xil hujayra va metabolik jarayonlarni, shu jumladan adipogenez, yallig'lanish, oksidlovchi stress va energiya gomeostazi bilan bog'liq bo'lgan lipidlar



va glyukoza metabolizmini tartibga soluvchi retseptorlar orqali ta'sir qiladi. To'yinmagan yog' kislotalar asosan ω -6 (linol kislota, C18:2) va ω -3 (alfa-linolein kislota, C18:3) dan iborat bo'lib, ulardan boshqa uzun zanjirli to'yinmagan yog' kislotalar kelib chiqadi [5]. Bizning tanamizda hayot uchun muhim ahamiyatga ega bo'lgan to'yinmagan yog' kislotalarni sintez qilish uchun zarur fermentlar yo'q va shuning uchun ularni ovqat orqali olish kerak. Muhim yog' kislotalari, mos ravishda α -linolein va linolein kabi yog' kislotalar va ozuqaviy moddalar funksional oziq-ovqat sifatida qabul qilingan [6]. Boshqa tomondan, ω -3 yog' kislotalar ateroskleroz va miyokard infarkti bilan bog'liq ba'zi kasalliklar xavfini kamaytirish uchun mumkin bo'lgan profilaktika va terapevtik vosita sifatida e'tibor qaratilgan. O'simliklardan ajratib olingan, iste'mol qilinadigan yog'lar bugungi kunda foydaliligi va sog'liqni mustahkamlovchi vazifasi tufayli tobora ommalashib bormoqda [4,7]. Yuqori to'yinmagan yog'lar insonning bir qancha surunkali kasalliklari, jumladan saraton va yurak-qon tomir kasalliklari kelib chiqishiga sabab bo'lishi aniqlangan [8,9]. Ko'p to'yinmagan yog' kislotalar, xususan, ω -3 yog' kislotasiga asoslangan yog'lar terapevtik tabiati tufayli inson salomatligida sezilarli darajada tasir qiladi va xolesterin darajasini, ya'ni past zichlikdagi lipoproteinlarni kamaytirish va yuqori zichlikdagi lipoproteinlarni kuchaytirish potentsialiga ega [10,11]. Baliq yog'i va bir nechta o'simliklar ω -3 yog' kislotalarining, xususan, eikosapentaenik, dokozageksaenik va alfa-linolein kislotalarining boy manbalaridir [12-15]. Barcha to'yinmagan yog' kislotalar, mono to'yinmagan yog' kislotalar va polito'yinmagan yog' kislotalarni o'z ichiga olgan oila bu o'simlik moylari bo'lib, muhim yog' kislotalari manbalari hisoblanadi. Ularning xom-oshyo manbai yoki yog'ni ajratib olish uchun ishlatiladigan texnologik jarayon ulardagi yog' kislotalar tarkibini belgilab beradi. O'simlik moylarining ko'pchiligida polito'yinmagan yog' kislotalar miqdori, xususan, ω -6 polito'yinmagan yog' kislotalar konsentratsiyasi yuqori. Ammo ba'zi o'simlik moylari masalan, zig'ir urug'i, kanop, tuyana, qovoq va kunjut yog'i va boshqalarda foydali ω -3 polito'yinmagan yog' kislotalari yuqori tarkibga ega, [16,17-21]. Bu yo'nalishdagi asosiy muammolar butun dunyo bo'ylab ishlab chiqarishning pastligi va o'simliklardan yog'ni qayta ishlashning samarasiz texnologiyalari bilan bog'liq. O'simliklardan tashqari hasharotlar ham yog' olish uchun manba hisoblanadi. Hasharotlar orasida ipak qurti g'umbaglari omega-3 yog' kislotalarining, xususan, linolein va α -linolein kislotalarining eng katta manbai hisoblanadi. Ipak qurti g'umbagida jami lipidlarning uchta asosiy guruhi mavjud bo'lib, ular triasilgliserin, fosfatidiletanolamin va fosfatidilxolindir [22]. Ipak qurti g'umbagidan olingan yog'lar, ularning tarkibidagi yog' kislotalari [23] xususan, ipak qurti g'umbagidagi umumiy to'yinmagan yog' kislotalarining 51,64 foizini tashkil etuvchi ko'p to'yinmagan yog' kislotalari tufayli diqqat e'tiborni tortgan. Tut va tut bo'lmagan ipak qurti g'umbaglarining turli xil turlari yog'ning ma'lum manbalaridir [24]. Ipak qurti g'umbagi moylari bir nechta biologik faollikka ega, ya'ni antioksidantlar [25] saratonga qarshi [26] va skuloprotektiv [27] antibakterial [28] giperkolesterolemik [29] va yaraga qarshi sifatida qo'llanilgan. Biroq, ipak qurti moyi tarkibidagi omega-3 yog' kislotalari, ayniqsa ajratib olingan α -linolein hali ham yeyiladigan yog' manbai sifatida foydalanilmaydi. Ipak qurti g'umbagi moyining yuqorida keltirilgan xususiyatlarini inobatga olgan holda, ushbu moy turini oziq-ovqat sohasida qo'llash imkoniyatini tadqiq qilish maqsadida, ipak qurti g'umbagi moyi ustida tadqiqotlar olib bormoqdamiz. Ushbu ilmiy ishimizda olingan dastlabki natijalarimiz keltirilgan.

Olingan tadqiqot usullari va natijalari: Yog' kislota tarkibi Shimadzu GC2030 gaz xromatografida (kapilyar kolonka SH-2560; 0.25 mm ID; 0.2 μ m df; 105 m) aniqlandi. Namunalarni analizga tayyorlash: 0.10g \pm 0.02 g o'rganilayotgan moy namunasini 10 ml hajimli o'lchov silindriga solindi ustiga 3 ml geksan qo'shiladi va 1 min intensiv aralashtiriladi. Geksanda erigan namuna ustiga 0.2 ml 2mol/L konsentratsiyali natriy metilat eritmasi qoshiladi va 3 min intensiv aralashtiriladi. Aralashtirilgandan so'ng ikki qatlamga ajralguncha tindiriladi va analiz uchun yugoridagi geksanli qatlam vialga olinadi.



Rasm 1. Olingan moy namunalari gaz xromatografik tahlili xromatogrammasi: chapda- ekstra benzinda, o'ngda-petroley efirida ekstraksiya qilingan moy namunalari.

Xromotografiya sharoitlari: Detektor harorati- 250°C; Bug'latgich harorati- 220°C; Termostat harorat rejimi: boshlangich harorat 100°C 4 min ushlanadi, so'ngra harorat 200°C gacha 25°C/min tezlikda qizdiriladi va shu haroratda 8 min ushlanadi, keyin harorat 250°C gacha 5°C/min tezlikda qizdiriladi va shu haroratda 7 min ushlanadi. Vodorod oqimi tezligi- 40ml/min; Havo oqimi tezligi- 40ml/min; Inekciya hajmi- 1 mkl. Xromatogrammadagi yog' kislotalarni identifikasiyalash uchun Supelco FAME 37 Mix standart namunasi ishlatildi.

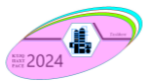
Jadval 1

Moy namunalari olingan gaz xromatogrammasi asosidagi yog' kislota tarkibining tahlili

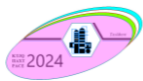
| № | Yog' kislota tarkibi | Namuna №1 | Namuna №2 |
|----|----------------------|-----------|-----------|
| 1 | C11:0 | 0,99 | - |
| 2 | C12:0 | - | 0,05 |
| 3 | C14:0 | 0,15 | 0,15 |
| 4 | C16:0 | 21,2 | 22,71 |
| 5 | C16:1 | 0,92 | 1,11 |
| 6 | C18:0 | 4,6 | 4,34 |
| 7 | C18:1 | 28,96 | 27,11 |
| 8 | C18:2 | 7,07 | 6,94 |
| 9 | C18:3 | 35,47 | 37,41 |
| 10 | C20:4 | 0,63 | - |
| 11 | C23:0 | - | 0,09 |

Xulosa: Tekstil sanoati chiqindisi bo'lgan ipak qurti g'umbagi moyining GX tahlili shuni ko'rsatdiki, moy tarkibida inson salomatligi uchun zarur bo'lgan to'yinmagan yog' kislotalar yuqori miqdorda mavjud: C18:1 (28,96%), C18:1 (35,47%). Bu ko'rsatkich shuni ko'rsatyaptiki, uni oziq-ovqat sohasida qo'llash imkoniyatini o'rganish uchun, rafinatsiya qilish texnologik ko'rsatkichlari aniqlanishi lozim. Keyingi ishlarimizda ushbu yog' turi ustidagi tadqiqotlarimizni davom qildirgan holda, uni rafinatsiya qilish jarayonini tadqiq qilamiz.

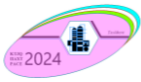
Adabiyotlar ro'yhati:



1. Scrimgeour, C.; Gao, Y.; Oh, W.Y.; Shahidi, F. Edible Oil and Fat Products: Chemistry, Properties, and Safety Aspects. Chemistry of fatty acids. Chemistry of Fatty Acids. In Bailey's Industrial Oil and Fat Products, 7th ed.; Shahidi, F., Ed.; Wiley Online Library: Hoboken, NJ, USA, 2005; pp. 1–40. [CrossRef]
2. Calder, P.C. Mechanisms of Action of (n-3) Fatty Acids. *J. Nutr.* 2012, 142, 592S–599S. [CrossRef]
3. Ohwada, T.; Yokokawa, T.; Kanno, Y.; Hotsuki, Y.; Sakamoto, T.; Watanabe, K.; Nakazato, K.; Takeishi, Y. Vascular composition data supporting the role of N-3 polyunsaturated fatty acids in the prevention of cardiovascular disease events. *Data Brief* 2016, 7, 1237–1247. [CrossRef]
4. Bartkiene, E.; Bartkevics, V.; Berzina, Z.; Klementaviciute, J.; Sidlauskienė, S.; Isariene, A.; Zeimienė, V.; Lele, V.; Mozuriene, E. Fatty acid profile and safety aspects of the edible oil prepared by artisans at small-scale agricultural companies. *Food Sci. Nutr.* 2021, 9, 5402–5414. [CrossRef]
5. Kumar, R.V.; Srivastava, D.; Kumar, U.; Kumar, M.; Singh, P. Bioprospecting of omega-3 fatty acid from silkworm pupal oil: From molecular mechanism to biological activities. *J. Biol. Act. Prod. Nat.* 2021, 10, 495–506. [CrossRef]
6. Orsavova, J.; Misurcova, L.; Ambrozova, J.V.; Vicha, R.; Mlcek, J. Fatty Acids Composition of Vegetable Oils and Its Contribution to Dietary Energy Intake and Dependence of Cardiovascular Mortality on Dietary Intake of Fatty Acids. *Int. J. Mol. Sci.* 2015, 16, 12871–12890. [CrossRef]
7. Vasseghian, Y.; Moradi, M.; Dragoi, E.-N.; Khaneghah, A.M. A review on mycotoxins detection techniques in edible oils. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 2020, 102, 2125–2139. [CrossRef]
8. Zhang Y, Zhuang P, Wu Fet al. Cooking oil/fat consumption and deaths from cardiometabolic diseases and other causes: prospective analysis of 521,120 individuals, *BMC Medicine*, 2021; 19(92). <https://doi.org/10.1186/s12916-021-01961-2> PMID:33853582 PMCID:PMC8048052
9. Manchanda SC, Passi, S J. Selecting healthy edible oil in the Indian context, *Indian Heart Journal*, 2016; 68 (4):447-449. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2016.05.004> PMID:27543465 PMCID:PMC4990724
10. Kawakami Y, Yamanaka-Okumura H, Naniwa-Kuroki Y, et al. Flaxseed oil intake reduces serum small dense low-density lipoprotein concentrations in Japanese men: a randomized, double blind, crossover study, *Nutrition Journal*, 2015; 14, 39. <https://doi.org/10.1186/s12937-015-0023-2> PMID:25896182 PMCID:PMC4409715
11. Hasan M.S. Jahan R, Alam M.A, Khatun M.K, Al-Reza M.S. Study on Physicochemical Properties of Edible Oils Available in Bangladeshi Local Market. *Archives of Current Research International*, 2016; 6 (1):1-6. <https://doi.org/10.9734/ACRI/2016/29464>
12. Kiefer D, Pantuso T. Omega-3 fatty acids: An update emphasizing clinical use, *Agro Food Industry Hi Tech*, 2012; 23(4):10-13.
13. Don V, Nguyen S, Bunmi, Malau-Aduli et al. Supplementation with plant-derived oils rich in omega-3 polyunsaturated fatty acids for lamb production, *Veterinary and Animal Science*, 2018; 6:29-40. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2018.08.001> PMID:32734050 PMCID:PMC7386694
14. Gammone MA, Riccioni G, Parrinello N, D'Orazio. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids: Benefits and Endpoints in Sport, *Nutrients*, 2018; 11(1):46. <https://doi.org/10.3390/nu11010046> PMID:30591639 PMCID:PMC6357022
15. Lin XL, Baisley J, Bier A, Vora, D, Holub B. Transgenic Canola Oil Improved Blood Omega-3 Profiles: A Randomized, Placebo-Controlled Trial in Healthy Adults, *Frontiers in Nutrition*, 2022; 9:847114. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.847114> PMID:35360684 PMCID:PMC8960439
16. Hăbeanu, M.; Hebean, V.; Taranu, I.; Ropota, M.; Lefter, N.A.; Marin, D. Dietary Ecologic Camelina Oil—A Beneficial Source of N-3 PUFA In Muscle Tissue and Health Status in Finishing Pig. *Rom. Biotechnol. Lett.* 2011, 16, 6564–6571.
17. Hăbeanu, M.; Lefter, N.A.; Gheorghe, A.; Nagy, A.; Marin, D.; Ropotă, M. Effects of dietary flaxseed oil on the muscle fatty acid composition in Mangalitsa pigs in an extensive rearing system. *S. Afr. J. Sci.* 2014, 44, 240–244. [CrossRef]
18. Hăbeanu, M.; Lefter, N.A.; Gheorghe, A.; Untea, A.; Ropotă, M.; Grigore, D.-M.; Varzaru, I.; Toma, S.M. Evaluation of Performance, Nitrogen Metabolism and Tissue Composition in Barrows Fed an n-3 PUFA-Rich Diet. *Animals* 2019, 9, 234. [CrossRef] *Insects* 2023, 14, 254 13 of 15
19. Hăbeanu, M.; Lefter, N.A.; Gheorghe, A.; Ropota, M.; Toma, S.M.; Pistol, G.C.; Surdu, I.; Dumitru, M. Alterations in essential fatty acids, immunoglobulins (IgA, IgG and IgM), and enteric methane emission in primiparous sows fed hemp seed oil and their offspring response. *Vet. Sci.* 2022, 9, 352. [CrossRef]
20. Fran'cáková, H.; Ivanišová, E.; Dráb, Š.; Kraj'covi'c, T.; Tokár, M.; Mare'cek, J.; Musilová, J. Composition of Fatty Acids in Selected Vegetable Oils. *Potravin. Slovak J. Food Sci.* 2015, 9, 538–542. [CrossRef] [PubMed]
21. Zhou, Y.; Zhao, W.; Lai, Y.; Zhang, B.; Zhang, D. Edible Plant Oil: Global Status, Health Issues, and Perspectives. *Front. Plant Sci.* 2020, 11, 1315. [CrossRef]
22. Kotake-Nara E, Yamamoto K, Nozawa M, Miyashita K, Murakami T. (2002) Lipid Profiles and Oxidative Stability of Silkworm Pupal Oil, *Journal of Oleo Science*, 2002; 51 (11):681-690. <https://doi.org/10.5650/jos.51.681>



23. Kumar V, Srivastava D. Silkworm: A Unique Creature for Natural Products. In: Kumar, D., Shahid, M. (eds) *Natural Materials and Products from Insects: Chemistry and Applications*, Springer. 2020a. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-36610-0>
24. Ramappa VK, Dev P, Ranjan B. Assessment antioxidant properties of mulberry, tasar, eri and muga silkworm pupal oil by superoxide assay, *Trends in Bioscience*, 2017;10 (24): 4944-4948.
25. Zou Y, Hu T-g, Shi Y, Liao S, Liu J, Mu L. Silkworm pupae oil exerts hypercholesterolemic and antioxidant effects in high-cholesterol diet-fed rats, *Journal of the Science Food and Agriculture*, 2017; 97(7): 2050-2056. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8009> PMID:27558637
26. Yasa SR, Kaki SS, Rao BB, Jain N, Penumarthi V. Synthesis, characterization and evaluation of anti-proliferative activity of diisopropylphenyl esters of fatty acids from selected oils, *Medicinal Chemistry Research*, 2016; 25:1299-1307. <https://doi.org/10.1007/s00044-016-1564-4>
27. Kim YJ, Lee KP, Lee DY, Kim YT, Baek S, Yoon M.S. Inhibitory effect of modified silkworm pupae oil in PDGF-BB-induced proliferation and migration of vascular smooth muscle cells, *Food Science and Biotechnology*, 2020; 29(8):1091-1099. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00742-6> PMID:32670663
PMCID:PMC7347739
28. Saviane A, Tassoni, L, Naviglio D, Lupi Det al. Mechanical Processing of *Hermetia illucens* Larvae and *Bombyx mori* Pupae Produces Oils with Antimicrobial Activity, *Animals*, 2021; 11783:3. <https://doi.org/10.3390/ani11030783> PMID:33799904 PMCID:PMC8001418
29. Long X, Zhao X, Wang W, Zhang Y, Wang H, Liu X, Suo H. Protective effect of silkworm pupa oil on hydrochloric acid/ethanol-induced gastric ulcers, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2019; 99(6): 2974-2986. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9511> PMID:30479041



O'ZBEKISTONDA BOLALAR OVQATI BOZORINING TAHLILI

Kabulova Dildora Alimjanovna¹, Ro'zmetova Dildora To'libayevna², Kuramboyev Toxir
Baxtiyar o'g'li³

¹Urganch davlat universiteti, Urganch shahar,
O'zbekistan, Email: kabulovadildora2@gmail.com
tel: +99891 995 03 55.

²Urganch davlat universiteti, Urganch shahar,
O'zbekistan, Email: ruzmetovadildora2018@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0819-6688>, tel: +99890 725 72 86

³Urganch davlat universiteti, Urganch shahar,
O'zbekistan, Email: kuramboyevtoxir25@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1605-384X> tel: +99897 299 99 08

Annaotauya: Sabzavotlar bolalar ozuqasining muhim, ammo kam iste'mol qilinadigan qismidir. Hayot davomida sog'lom ovqatlanish tartibini o'rnatishga yordam berish uchun chaqaloqlar o'rtasida sabzavotlarni qabul qilish va iste'mol qilishni rag'batlantirishga qiziqish ortib bormoqda. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida shu narsa ma'lum bo'ldiki, bolalarni erta yoshdan sabzavotlarni qabul qilishi ularni sabzavotlar tamiga o'rganishini va keyinchalik rad etmasdan qabul qilishini rag'batlantiradi. Bu maqsadni amalga oshirish uchun Respublikamiz bozoriga yangi turdagi bolalar ozuqasi retsepturalari talab qilinadi. Biz ushbu ilmiy ishda Respublikamizda bolalar ozuqasi bozorini o'rganish va tahlil qilish natijalarini e'lon qildik.

Kalit so'zlar: sabzavotlar, bolalar ovqatlari, oziq-ovqat sifati, bolalar ovqatlanishi, bioaktiv birikmalar.

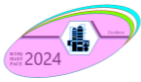
Аннотация: Овощи являются важной, но недостаточно используемой частью детского питания. Растет интерес к пропаганде принятия и потребления овощей среди детей грудного возраста, чтобы помочь сформировать здоровый образ питания на протяжении всей жизни. В результате проведенных исследований стало известно, что принятие овощей с раннего возраста побуждает их познавать вкус овощей и в дальнейшем принимать их без отказа. Для достижения этой цели рынку нашей республики необходимы новые виды рецептов детского питания. В данной научной работе мы озвучили результаты исследования и анализа рынка детского питания нашей Республики.

Ключевые слова: овощи, детское питание, качество продуктов питания, кормление детей, биологически активные соединения.

Abstract: Vegetables are an important but less consumed part of children's nutrition. There is a growing interest in promoting the acceptance and consumption of vegetables among infants to help establish healthy eating patterns throughout life. As a result of the conducted research, it became known that the acceptance of vegetables from an early age encourages them to learn the taste of vegetables and later accept them without rejection. To achieve this goal, new types of baby food recipes are required for the market of our Republic. In this scientific work, we announced the results of research and analysis of the baby food market in our Republic.

Key words: vegetables, baby food, food quality, children's nutrition, bioactive compounds.

Kirish: Bolalar ovqatlari har qanday davlat aholisi uchun katta ahamiyatga ega, chunki ular bola tanasining asosiy hayotiy funktsiyalarini ta'minlaydi, bu ayniqsa yosh avlod salomatligi uchun muhimdir. Oziq moddalarning yetishmasligi bolalarning o'sishi, rivojlanishida kechikishlar va jiddiy kasalliklarga olib kelishi mumkin. [1,2]. Bolalar oziq-ovqat sanoatining notekis rivojlanishi, ishlab chiqarish hajmi va tug'ilish darajasi o'rtasidagi chambarchas bog'liqlik ushbu bozorni doimiy monitoring qilish, talab va taklif o'rtasidagi bozor munosabatlari dinamikasini, shuningdek, ta'sir etuvchi omillarni hisobga olgan holda maxsus tadqiqotlar o'tkazish zarurligini ko'rsatadi. Avvalo, fuqarolarning eng zaif toifasi sifatida eng kichik bolalar uchun oziq-ovqat ta'minoti bo'yicha maxsus tadqiqotlar zarur. Sutdan ajratish davri chaqaloq hayotining eng muhim bosqichidir. Bu davrda onaning suti oziqlanish ehtiyojlarini qondirish va tananing o'sishini qo'llab-quvvatlash uchun odatda yetarli emas. Rivojlanayotgan mamlakatlarda ishlaydigan onalar sonining ko'payishi bilan bolalar ovqatlari bozori sezilarli darajada oshdi. Faqat ona suti o'sayotgan chaqaloqning ovqatlanishi va boshqa ehtiyojlarini qondira olmaydi. Bolajonlarni tez va normal o'sishi va sog'lom rivojlanishi uchun ko'p miqdor ozuqaviy moddalar va energiya talab qilinadi [3,4]. Chaqaloqlarning ozuqaviy zahiralari cheklangan, ayni paytda ozuqa moddalarini kam qabul qilish neyronlarning rivojlanishiga putur yetkazishi mumkin [5]. Yosh bolalar xayotining dastlabki ikki yilidagi mikronutrientlarning yetishmasligi rivojlanayotgan davlatlar sog'liqni

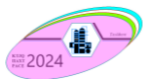


saqlash tizimining oldidagi muammolardan biri hisoblanadi [6]. Bolalik davridagi to'liq komponentli ovqatlanish optimal o'sish va rivojlanishda juda muhim hisoblanadi [7]. Shuningdek bu davr bolalarni har xil oziq-ovqat turlari va ta'mlar bilan tanishtirgan holda, turli xil oziq-ovqatlar bilan sog'lom ovqatlanish odatlarini shakllantirish uchun ideal vaqt hisoblanadi [8]. So'nggi yillarda bolalar ozuqasi uchun meva va sabzavotlardan tayyorlangan pyurelarning taklifi oshdi [9]. Meva va sabzavot pyurelari bolajonlarga zarur bo'lgan qo'shimcha energiyani ta'minlaydigan qulay, tez va xavfsiz tanlovdir [10] Mevalar va sabzavotlarga asoslangan oziq-ovqat mahsulotlari tanani to'g'ri funkcionalligini ta'minlash uchun zarur bo'lgan vitaminlar, minerallar, ozuqaviy tolalar va boshqa ozuqaviy moddalar bilan ta'minlaydi, immun tizimini mustahkamlaydi, saraton riskini, yurak qon-tomir kasalliklarini va oksidlanish xavfini kamaytiradi, hamda himoyalaydi [11]. Ozuqaviy tolalar, C vitamini va fenol komponentlarga boy bo'lgan mevalar, hamda antioksidantlarga, vitamin va minerallarga boy bo'lgan sabzavotlar aralashmasi bolalarning gormonal rivojlanishini ta'minlaydigan mahsulot olishga imkoniyat yaratadi [12]. **Ayniqsa** sabzavotlarga boy bolalar ozuqasi bolalarning sog'lom va normal o'sishi uchun muhim hisoblanadi. Ammo ko'pchilik tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, bir yoshdan katta bolalarning 80% dan ko'prog'i sabzavot iste'mol qilishni kamaytirgan va bu chaqaloqlarning dastlabki davrlarida sabzavotlarni kam iste'mol qilishi yoki umuman iste'mol qilmasligi bilan bog'liqdir. Bundan tashqari sabzavotlarni kam iste'mol qilinishi bir nechta faktorlarga bog'liq jumladan, geografik tarqalishi va umumiy tannarxi kabi tashqi omillar va ota-onalarning bu borada ayrim muammolarga duch kelishi, masalan vaqt tig'izligi yoki bolalarning sabzavot iste'mol qilishga xoxishining yo'qligi kabi ichki faktorlardir. Bolalarning ta'mga bo'lgan xohish-istaklari sabzavotlarni iste'mol qilish yoki iste'mol qilmaslikda ham katta rol o'ynaydi va individual biologik omillar, masalan, taxir ta'mga sezgirlik ba'zi bolalarni ma'lum sabzavotlarni yoqtirmaslik va iste'mol qilishni kamaytirishi mumkin. Shu sababdan ham sabzavotlarning ta'mi ham ularni dastlabki qabul qilish uchun o'ziga xos to'siq hisoblanadi. Sabzavotlarni qabul qilishda ko'plab to'siqlarga qaramay, ko'plab hisobotlar shuni ko'rsatadiki, oddiy ta'sir qilish va assosiativ qabul qilish bolalarning sabzavotlarga bo'lgan qiziqishini oshirishi mumkin. To'q yashil sabzavotlarni shirinroq sabzavotlar yoki mevalar bilan aralashtirish yanada maqbul mahsulotga olib kelishi mumkin, chunki shirinlikning achchiqlikni maskalash qobiliyati yaxshi o'rganilgan, ammo bu yondashuv bilan bog'liq muammolar mavjud. Ingredientlar birlashtirilganda, aralashmaning hosil bo'ladigan hissiy xususiyatlarini oldindan aytish qiyin. Ta'mlar va lazzatlar birlashtirish natijasida qo'shimcha lazzatlar paydo bo'lishi mumkin (ya'ni, ta'm va lazzatlar bir-birini oshiradi va kuchaytiradi). Natijada bolalar bu mahsulotlarni iste'mol qilish orqali haqiqiy sabzavot tamini his qilmasligi va ko'nikma hosil qilmasligi mumkin. Yosh bolalarning sabzavotlar iste'molining yuqorida keltirilgan afzalliklari, ota-onalarning farzandlari uchun iste'molga tayyor mahsulotlarni afzal ko'rishlari [13] ni inobatga olgan holda, bolalar ovqatlanishida sabzavotlar taklifining eng erta, ya'ni 4 oydan 2 yoshgacha bo'lgan davr uchun mahalliy sabzavotlar asosida o'z tamini saqlab qolgan holda mahsulotlar retseptlarini ishlab chiqish bugungi kunning eng muhim talablaridan biri hisoblanadi.

Tadqiqot maqsadi: Yosh bolalarning meva va sabzavotlar iste'molining yuqorida keltirilgan afzalliklari, ota-onalarning farzandlari uchun iste'molga tayyor mahsulotlarni afzal ko'rishlarini inobatga olgan holda, bolalar ovqatlanishida meva va sabzavotlar taklifining eng erta, ya'ni 4 oydan 2 yoshgacha bo'lgan davri uchun mahalliy meva va sabzavotlar asosida mahsulotlar retsepturalarini ishlab chiqish tadqiqotimizning asosiy maqsadi hisoblanadi.

Materiallar va usullar: *Ushbu yo'nalishdagi tadqiqotlarimizni mahalliy bozorlarda mavjud bolalar oziq-ovqat mahsulotlarini o'rganishdan boshladik. Tadqiqotimizning dastlabki bosqichida mahalliy bozorlarda taklif qilinayotgan bolalar ozuqalaridan namunalarni yig'ildi, ularni muhim ko'rsatkichlari: ishlab chiqarilgan joyi, qo'llanilgan xom-ashyo, ozuqaviyligi kabi qator ko'rsatkichlariga bo'yicha kategoriyalarga ajratildi va solishtirildi. Tahlil va solishtirish natijalarini quyidagi 1 va jadvallarda ko'rishingiz mumkin.*

Jadval 1



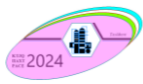
Xalqaro ilmiy – amaliy konferentsiya
“Sanoat tarmoqlarida texnologik jarayon va qurilmalarning dolzarb masalalari va uning
istiqbollari” KTJQ – 2024. Tashkent – 2024, 27 – 28 sentyabr

| № | Mahsulot nomi | Ishlab chiqaruvchi davlat va korxonasi nomi | Iste'mol uchun mo'ljallangan davr (oy) / konsistensiyasi | Xom-ashyo turi | Energetik qiymati kdi/ kkal | Minerallar | Vitaminlar |
|---|---------------|---|--|---------------------------|-----------------------------|---|--|
| 1 | Фруто няня | Rossiya AJ «Progress» | 5+ / kukunsimon | guruch qo'qoq o'sirik | 1745,9/417,0 | natriy-150,0gr; kaliy-372,6gr; temir-6,0gr; rux-4,0gr; yod-40,0gr | A-0,33mg; E-5,23mg; D3-9mg; B1-0,43mg; B2-0,68mg; B6-0,42mg; B12-0,36mg; Folik kislota-0,043; PP-4,5mg; Biotin-5,7mg; C-40,0mg |
| 2 | Фруто няня | Rossiya AJ «Progress» | 4+ / kukunsimon | guruch | 1747,4/417,36 | natriy-150gr; kalsiy-338,1gr; temir-6,0gr; rux-4,0gr; yod-40gr | A-0,35mg; E-5,23mg; D3-9mg; B1-0,43mg; B2-0,68mg; B6-0,42mg; B12-0,36mg; Folik kislota-0,043; PP-4,5mg; Biotin-5,7mg; C-40,0mg |
| 3 | Фруто няня | Rossiya AJ «Progress» | 6+ / kukunsimon | banan, olma | 1678,9/401,0 | natriy-150gr; kalsiy-349,1gr; temir-6,0gr; rux-4,0gr; yod-40gr | A-0,30mg; E-5,20mg; D3-9mg; B1-0,40mg; B2-0,68mg; B6-0,42mg; B12-0,36mg; Folik kislota-0,043; PP-4,5mg; biotin-5,7mg; C-40,0mg |
| 4 | Фруто няня | Rossiya AJ «Progress» | 6+ / kukunsimon | olma, zemyanika | 1749,9/417,96 | natriy-150gr, kalsiy-243,95gr; temir-6,0gr; rux-4,0gr; yod-40gr | A-0,35mg; E-5,23mg; D3-9mg; B1-0,43mg; B2-0,68mg; B6-4mg; B12-0,36mg; Folik kislota-0,043; PP-4,5mg; biotin-5,7mg; C-40,0mg |
| 5 | Heinz | Rossiya. OOO «Yanovskiy kombinat d. p.» | 6+ / kukunsimon | banan, olma | 1767/419 | natriy-135gr; kalsiy-500gr; temir-9,0gr; rux-4,0gr; yod-50gr | A-0,40mg; E-5,00mg; D3-8mg; B1-0,5mg; B2-0,7mg; B6-0,6mg; B12-0,4mg; Folik kislota-0,40; PP-5mg; biotin-5mg; C-55mg |
| 6 | Heinz | Rossiya. OOO «Yanovskiy kombinat d. p.» | 6+ / kukunsimon | olma, olcha | 1750/417 | natriy-135gr; kalsiy-500gr; temir-9,0gr; rux-4,0gr; yod-50gr | A-0,40mg; E-5,00mg; D3-9mg; B1-0,5mg; B2-0,7mg; B6-0,6mg; B12-0,5mg; Folik kislota-0,60; PP-5mg; biotin-6mg; C-55mg |
| 7 | Heinz | Rossiya. OOO «Yanovskiy kombinat d. p.» | 6+ / kukunsimon | olma, chernika, smorodina | 1736/412 | natriy-283gr; kalsiy-500gr; temir-9,0gr; rux-4,0gr; yod-50gr | A-0,40mg; E-5,00mg; D3-9mg; B1-0,5mg; B2-0,7mg; B6-0,6mg; B12-0,5mg; Folik kislota-0,60; PP-5mg; biotin-6mg; C-55mg |
| 8 | Nestle | OOO «Nestle Rossiya» | 6+ / kukunsimon | olma, zemyanika, sut | 406/97 | natriy-9,2gr; kalsiy-26gr; temir-16gr; rux-20,6gr; yod-15gr | A-18mg; E-28,0m1g; D3-26mg; B1-33mg; B2-30mg; B6-23mg; B12-17mg; PP-27mg; biotin-6mg; C-23mg |
| 9 | Nestle | OOO «Nestle Rossiya» | 6+ / kukunsimon | don, olma, banan | 411/98 | kalsiy-34gr; rux-30 | A-23mg; E-35,0m1g; D3-28mg; B1-50mg; B2-40mg; B6-17mg; B12-70mg; PP-55mg; biotin-6mg; C-29mg |

Jadval 2

| № | Mahsulot nomi | Ishlab chiqaruvchi davlat va korxonasi nomi | Iste'mol uchun mo'ljallangan davr (oy) / konsistensiyasi | Xom-ashyo turi | Energetik qiymati kdi/ kkal | Ugleyod miqdori (gr) | Minerallar va vitaminlar |
|----|-------------------|---|--|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------|--|
| 1 | Фруто няня | Rossiya AJ «Progress» | 4+ / pyuresimon | kabachok | 66,9 / 16,0 | 4,0 | kaliy 70-150mg |
| 2 | Фруто няня | Rossiya AJ «Progress» | 5+ / pyuresimon | sabzavotli | 92,1 / 22,0 | 5,5 | kaliy 70-150mg |
| 3 | Фруто няня | Rossiya AJ «Progress» | 4+ / pyuresimon | brokkoli | 66,9 / 16,0 | 4,0 | kaliy 70-150mg |
| 4 | Фруто няня | Rossiya AJ «Progress» | 4+ / pyuresimon | qora olxo'ri | 309,8 / 74,0 | 18,5 | kaliy 70-150mg |
| 5 | Heinz | Rossiya | 4+ / pyuresimon | nok | 279,1 / 65,7 | 15,8 | oqsil-0,4gr, yog'-0,1gr, kaliy-120mg |
| 6 | Фруто няня | Rossiya AJ «Progress» | 6+ / pyuresimon | Olma, mango, yogurt | 217,7 / 52,0 | 12,0 | kaliy 125-210 mg |
| 7 | Фруто няня | Rossiya AJ «Progress» | 6+ / pyuresimon | olma, banan, tvorog | 242,8 / 58,0 | 13,5 | kaliy 100-250mg |
| 8 | Фруто няня | Rossiya AJ «Progress» | 6+ / pyuresimon | Olma, chernika, pechenye | 209,3 / 50,0 | 12,0 | kaliy 70-150mg |
| 9 | Фруто няня | Rossiya AJ «Progress» | 6+ / pyuresimon | Olma, o'rmon mevalari, suli yormasi | 242,8 / 58,0 | 14,0 | kaliy 70-130mg |
| 10 | Маленькое Счастье | Belarus. OOO «Belfood Production» | 6+ / pyuresimon | Olma, banan | 290 / 70 | 15,0 | kaliy 162,5mg |
| 11 | Маленькое Счастье | Belarus. OOO «Belfood Production» | 8+ / pyuresimon | multimevalar | 180 / 40 | 9,0 | kaliy 193,0mg |
| 12 | Mapusha | O'zbekiston | 6+ / pyuresimon | shaftoli | 40,8 | 9,5 | B1-0,01mg, PP-0,21mg |
| 13 | Mapusha | O'zbekiston | 6+ / pyuresimon | o'sirik | 39,6 | 9 | B1-0,02mg; PP-0,03mg; B-karotin-0,8mg; C-5gr |

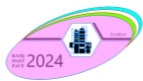
Natijalar va xulosalar: Olib borilgan tadqiqotlar natijasiga ko'ra mahalliy bozorlarimizda sabzavot yoki mevalar aralashmalari ko'rinishida ko'plab chaqaloqlar va bolalar ovqatlari mavjud. O'rganilgan bolalar oziq ovqat mahsulotlari kukunsimon(41%) va pyuresimon(59%) konsistensiyada ishlab chiqarilgan. Ularning katta qismi Rossiya davlati ishlab chiqarishiga tegishli (82%). Ayni vaqtda ushbu bolalar oziq ovqat mahsulotlarining kichik qismi (22,7%) sabzavotlar asosida tayyorlangan. Ushbu o'rganilgan bolalar ozuqalari organoleptik tahlil qilinganda mahsulotlarda sabzavot ta'mi saqlanib qolinmaganligi kuzatildi. O'tkazilgan tadqiqotlarimiz natijalariga asoslanib, shuni ta'kidlash lozimki, respublikamizda ozuqaviyligi jihatidan juda boy sabzavot va mevalar yetishtirilishiga qaramasdan, mahalliy xom-ashyolar asosidagi bolalar ovqatlanishi uchun mo'ljallangan mahsulotlar turlari va ishlab chiqarilishi nihoyatda chegaralangan. Ushbu holatni inobatga olgan holda, navbatdagi ishlarimizda bolalar uchun mo'ljallangan yangi turdagi oziq-ovqat mahsulotlari retsepturalarini ishlab chiqishga qaratilgan tadqiqotlarimiz davom qildiriladi, mahalliy xom-ashyolarning tahlillari amalga



oshiriladi, yangi bolalar oziq-ovqatlari mahsulotlari retsepturalarini ishlab chiqish borasida tajribalar amalga oshiriladi.

Adabiyotlar ro'yxati:

1. Dhimi, M.; Ogbo, F.; Diallo, T.; Olusanya, B.; Goson, P.; Agho, K.; on behalf of the Global Maternal and Child Health Research Collaboration (GloMACH). Infant and Young Child Feeding Practices among Adolescent Mothers and Associated Factors in India. *Nutrients* **2021**, *13*, 2376. [CrossRef] [PubMed]
2. Jiménez, M.D.; Lobo, M.O.; Sammán, N.C. Technological and Sensory Properties of Baby Purees Formulated with Andean Grains and Dried with Different Methods. *Proceedings* **2020**, *53*, 13. [CrossRef]
3. Hondru, G.; Lailou, A.; Wieringa, F.T.; Poirot, E.; Berger, J.; Christensen, D.L.; Roos, N. Age-Appropriate Feeding Practices in Cambodia and the Possible Influence on the Growth of the Children: A Longitudinal Study. *Nutrients* **2019**, *12*, 12. [CrossRef]
4. Elliott, C. Tracking Kids' Food: Comparing the Nutritional Value and Marketing Appeals of Child-Targeted Supermarket Products Over Time. *Nutrients* **2019**, *11*, 1850. [CrossRef] [PubMed]
5. Padarath, S.; Gerritsen, S.; Mackay, S. Nutritional Aspects of Commercially Available Complementary Foods in New Zealand Supermarkets. *Nutrients* **2020**, *12*, 2980. [CrossRef] [PubMed]
6. Mörk, S.; Stell, L.; Buhai, D.; Schweinzer, M.; Wagner-Skacel, J.; Vajda, C.; Lackner, S.; Bengesser, S.; Lahousen, T.; Painold, A.; et al. 'An Apple a Day'? Psychiatrists, Psychologists and Psychotherapists Report Poor Literacy for Nutritional Medicine: International Survey Spanning 52 Countries. *Nutrients* **2021**, *13*, 822. [CrossRef]
7. Johansson, U.; Öhlund, I.; Hernell, O.; Lönnerdal, B.; Lindberg, L.; Lind, T. Protein-Reduced Complementary Foods Based on Nordic Ingredients Combined with Systematic Introduction of Taste Portions Increase Intake of Fruits and Vegetables in 9 Month Old Infants: A Randomised Controlled Trial. *Nutrients* **2019**, *11*, 1255. [CrossRef]
8. Bernal, M.; Roman, S.; Klerks, M.; Haro-Vicente, J.; Sanchez-Siles, L. Are Homemade and Commercial Infant Foods Different? A Nutritional Profile and Food Variety Analysis in Spain. *Nutrients* **2021**, *13*, 777. [CrossRef]
9. Savarino, G.; Corsello, A.; Corsello, G. Macronutrient balance and micronutrient amounts through growth and development. *Ital.J. Pediatr.* **2021**, *47*, 1–14. [CrossRef]
10. Patel, J.K.; Rouster, A.S. Infant Nutrition Requirements and Options. In *StatPearls*; StatPearls Publishing: Treasure Island, FL, USA, 2021. Available online: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560758/> (accessed on 7 May 2022).
11. Katiforis, I.; Fleming, E.; Haszard, J.; Hape-Cramond, T.; Taylor, R.; Heath, A.-L. Energy, Sugars, Iron, and Vitamin B12 Content of Commercial Infant Food Pouches and Other Commercial Infant Foods on the New Zealand Market. *Nutrients* **2021**, *13*, 657. [CrossRef]
12. Westland, S.; Crawley, H. Fruit and Vegetable Based Purées in Pouches for Infants and Young Children. Available online: <https://www.firststepsnutrition.org> (accessed on 27 October 2021). *Appl. Sci.* **2022**, *12*, 12462 13 of 14
13. Birch, L.; Savage, J.S.; Ventura, A. Influences on the Development of Children's Eating Behaviours: From Infancy to Adolescence. *Can. J. Diet. Pract. Res.* **2007**, *68*, s1–s56.
14. Appleton, K. M., Tuorila, H., Bertenshaw, E. J., de Graaf, C., & Mela, D. J. (2018). Sweet taste exposure 608 and the subsequent acceptance and preference for sweet taste in the diet: systematic review of the published literature. *American Journal of Clinical Nutrition*, *107*, 405-419. doi:10.1093/
15. ASTM. (1981). Guidelines for the Selection and Training of Sensory Panel Members ASTM STP 758. In (pp. 1-35): American Society for Testing and Materials.
15. Caton, S. J., Ahern, S. M., & Hetherington, M. M. (2011). Vegetables by stealth. An exploratory study investigating the introduction of vegetables in the weaning period. *Appetite*, *57*(3), 816-825. doi:10.1016/j.appet.2011.05.319
16. Caton, S. J., Blundell, P., Ahern, S. M., Nekićing, C., Olsen, A., Moller, P., . . . Hetherington, M. M. (2014). Learning to eat vegetables in early life: the role of timing, age and individual eating traits. *PLoS ONE*, *9*(5), e97609. doi:10.1371/journal.pone.0097609
17. Daniel, C. (2016). Economic constraints on taste formation and the true cost of healthy eating. *Social Science & Medicine*, *148*, 34-41. doi:10.1016/j.socscimed.2015.11.025
18. Food and Drug Administration, H. (2016). Food Labeling: Revision of the Nutrition and Supplement Facts Labels. (2016-11867). Federal Register: The Daily Journal of the United States
19. Green, B. G., Lim, J., Osterhoff, F., Blacher, K., & Nachtigal, D. (2010). Taste mixture interactions: suppression, additivity, and the predominance of sweetness. *Physiology & Behavior*, *101*(5), 731-737. doi:10.1016/j.physbeh.2010.08.013
20. Jinks, A., & Laing, D. G. (2001). The analysis of odor mixtures by humans: evidence for a configurational process. *Physiology & Behavior*, *72*, 51-63.



ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASIDA MOL-MULK SOLIIGINI ХУҚУҚИЙ ТАРТИБГА СОЛИШНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

Раджабов Бахтиёр Эшманович

*Тошкент кимё-технология институти Бош юристи, доцент. Ўзбекистон Республикаси Жамоат
Хавфсизлиги университети тадқиқотчиси.*

Аннотация. Мақолада мол-мулк солиғи моҳиятини очиш бўйича иқтисодчи олимлар ва ҳуқуқшуносларнинг тадқиқотлари ўрганилган, мол-мулк солиғини ресурс солиқлари таркибидаги улуши таҳлил қилинган ҳамда тадқиқот юзасидан хулоса ва таклифлар шакллантирилган.

Калит сўзлар: солиқ таҳлили, мол-мулк солиғи, ер солиғи, ресурс солиғи.

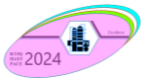
Аннотация. В статье рассматриваются исследования экономистов о природе налогов на имущество, анализируется доля налогов на имущество в структуре налогов на ресурсы, а также формулируются выводы и рекомендации для исследования.

Ключевые слова: налоговый анализ, налог на имущество, земельный налог, налог на ресурсы.

Abstract. The article examines the research of economists on the nature of property taxes, analyzes the share of property taxes in the structure of resource taxes, and formulates conclusions and recommendations for the study.

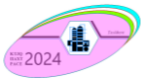
Keywords: tax analysis, property tax, land tax, resource tax

К И Р И Ш. Ўзбекистон Республикасида мол-мулк солиғи ресурслардан оқилона ва самарали фойдаланиш иқтисодиёт ва ҳуқуқшунослик соҳасининг бош масаласи бўлиб, уларни солиққа тортиш орқали улардан унумли фойдаланиш бугуннинг долзарб вазифаларидан бири ҳисобланади. Ресурс солиқлари таркибига: мол-мулк солиғи, ер солиғи, сув ресурсларидан фойдаланганлик учун солиқ ва ер қаъридан фойдаланганлик учун солиқлар киради. Бугунги кунда ресурслардан самарали фойдаланишни инobatга олган ҳолда, мамлакатимиз солиқ сиёсатида ресурслардан ундириладиган солиқлар ҳажми йилдан-йилга ошиб бормоқда. Биз бугунги тадқиқот ишимизда асосий эътиборни юридик шахслардан олинadиган ва ўз аҳамиятига эга мол-мулк солиғига қаратмоқчимиз. Ўзбекистон Республикаси солиқ тизимида юридик шахслардан олинadиган мол-мулк солиғи тўғри солиқлар таркибига киради ва моҳиятига кўра бу солиқ асосий воситалар шаклидаги ресурсларга нисбатан белгиланган солиқ ҳисобланади. Мол-мулкни ҳисобга олиш Ўзбекистон Республикасининг “Бухгалтерия ҳисоби тўғрисида”ги қонуни ва бошқа меъёрий ҳуқуқий ҳужжатларига мувофиқ амалга оширилади. Шунингдек, солиқ бўйича тушумлар суммаси тўлиқ маҳаллий бюджетга тушади ҳамда бюджетнинг даромад манбаларидан бири ҳисобланади. Мазуга оид адабиётлар таҳлили Аввало, мавзу доирасида мол-мулк солиғини иқтисодий аҳамияти ва унинг олимлар томонидан берилган таърифларига тўхталиб, унинг моҳиятини очишга ҳаракат қиламиз. Иқтисодий адабиётларда “мулк солиғи - бу жисмоний ёки бошқа юридик шахсга, масалан, корпорацияга тегишли бўлган мол-мулкдан тўланадиган солиқ. Кўпинча мулк солиғи кўчмас мулк солиғи бўлиб, уни регрессив солиқ деб ҳисоблаш мумкин. У мулк “Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar” ilmiy elektron jurnali. № 6, noyabr-dekabr, 2021 yil 388 6/2021 (№ 00056) <http://iqtisodiyot.tsue.uz> жойлашган маҳаллий ҳокимият томонидан ҳисоблаб чиқилади ва мулк эгаси томонидан тўланади”-деб изоҳланган. Т.Л.Крутякованинг фикрича: “Корхоналарнинг мол-мулкига солиқни жорий этишнинг асосий мақсадларидан бири солиқ тўловчиларнинг фойдаланилмаётган мол-мулкни сотишдан манфаатдорлигини ошириш эди”. В.Г.Пансковнинг сўзларига кўра, “ташкilotлар учун ўз активларини сотиш фойдасиз бўлиб қолди, чунки улар мавжуд бўлганлиги учун мулк қийматининг атиги 2 фоизини тўлаган ва улар сотилган тақдирда корхоналар сезиларли даражада юқори ставкада даромад



солиғини тўлашга мажбур бўлган”. Э.Н.Пятшеванинг фикрича, “Корхоналарнинг мол-мулкига солинадиган солиқ тўғрисида”ги қонуннинг муҳим камчилиги солиқ солишнинг адолатлилигининг энг муҳим тамойили – тенг солиқ солиш объектлари учун тенг солиқ мажбуриятини заифлаштирган кўплаб солиқ имтиёзлари бўлди. Е.И.Жукова мол-мулк солиғига қараши: “Хўжалик юритувчи субъектнинг мулкӣ комплексига тегишли бинолар, иншоотлар, ер участкалари ва бошқа объектларга эгалик ҳуқуқининг пайдо бўлиши солиқ мажбуриятлари билан бирга келади”. Л.Н.Медведев талқинича “Ташкилотларнинг мол-мулкига солинадиган солиқ солиқ тўловчи - юридик шахсга тегишли бўлган мол-мулк қийматини солиққа тортиш шакли сифатида белгиланади”. Т.Л.Крутякова эса мол-мулк солиғини “Ушбу солиқ тўғридан-тўғри солиқларга тегишли, чунки унинг якуний тўловчиси мулк ҳуқуқи асосида мулкка эга бўлган корхона ҳисобланади”-деб ҳисоблайди. Ю.Д.Шмелев талқинича: “Иқтисодиёт нуқтаи назаридан ташкилотларнинг молмулкига солинадиган солиқнинг энг муҳим мақсади корхоналарни ўз ихтиёридаги молмулкдан самарали фойдаланишни рағбатлантириш (айланма маблағлар айланишини тезлаштириш, асосий фондларни тўлиқ ишлатиш, ресурсларни қисқартириш). , материал сарфи, фойдаланилмаётган хом ашё ва материаллар захираларини камайтириш); молия нуқтаи назаридан - ҳудудий бюджетларни барқарор даромад манбалари билан таъминлаш”. И.А.Майбурувнинг фикрича, ташкилотларнинг мол-мулкига солиқ солиш қуйидаги мақсадларда ўрнатилади:

- 1) ҳудудий бюджетларни бюджет харажатларини молиялаштириш учун барқарор даромад манбаи билан таъминлаш;
- 2) ортиқча мол-мулкни сотишда ёки уни ишлаб чиқариш жараёнига жалб қилишда ташкилотга қизиқиш уйғотиш. Г.К.Карбушевнинг фикрича, ташкилотларнинг мол-мулкига солинадиган солиқнинг фискал имкониятлари жуда катта. Гап шундаки, даромад солиғи ва бошқа даромад солиғидан фарқли ўлароқ, бу солиқ солиқ тўловчиларнинг даромад олиш ёки олмасликларига боғлиқ эмас. Уни ҳисоблаш учун асос бўлиб корхоналар мулкининг қиймати ҳисобланади. Бу даромадга солиқ солинадиган солиқ тўловларидан фарқли ўлароқ, мулк солиғи бўйича тўловларни олиш барқарорлигига ёрдам беради. Шу билан бирга, мулк каби солиққа тортиш объектини солиқдан яшириш даромадга қараганда анча қийин, бу ҳам унинг бюджет даромадларини тўлдиришдаги ролини оширади. И.В.Гушина “мол-мулк солиғи корхоналарнинг ўз мол-мулкдан янада самарали фойдаланишдан манфаатдорлигини ошириш ва ортиқча, фойдаланилмаётган ёки консервация учун мол-мулкни йўқ қилишга қўмаклашишга қаратилганлигини таъкидлайди”. В.И.Пансков, “солиқ асосий воситаларнинг қолдиқ қийматидан ундирилади, деб таъкидлайди. Машина ва асбоб-ускуналар қанчалик эски бўлса, уларнинг қолдиқ қиймати шунчалик паст бўлади ва мол-мулк солиғи миқдори паст бўлади. Асосий “Iqtisodiyot va innovacion texnologiyalar” ilmiy elektron jurnali. № 6, noyabr-dekabr, 2021 yil 389 6/2021 (№ 00056) <http://iqtisodiyot.tsue.uz> воситаларнинг янгиланиши мулк қийматининг ошишига олиб келади ва бунинг натижасида тўланадиган солиқ миқдори ошади”. И.В.Горский “мол-мулк солиғини ҳисоблаш ва ундиришнинг амалдаги механизми умумий хўжалик мақсадларидан кўра кўпроқ фискал мақсадларга қаратилган бўлиб, ердан, бино ва иншоотлардан самарали фойдаланишни қийинлаштирган кўплаб камчиликларга эга, деб ҳисоблайди. Ташкилотларнинг мол-мулкига солинадиган солиқ, хусусан, янги технологияларни жорий этишни, асосий фондларни модернизация қилишга инвестицияларни рағбатлантирмайди”. А.М.Петухов “Тартибга солиш функцияси корхоналарнинг ортиқча, фойдаланилмаётган, фойда



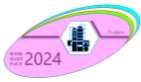
келтирмайдиган мол-мулкдан озод қилиш йўли билан камроқ миқдорда солиқ тўлашдан манфаатдорлиги орқали амалга оширилади”. В.В.Стукина “Мол-мулк солиғининг тартибга солиш функцияси, таъсир қилиш хусусиятига кўра, рағбатлантирувчи ва тўхтатувчига бўлинади. Солиқларнинг рағбатлантирувчи функцияси орқали давлат иқтисодиётнинг устувор тармоқлари учун қулай шарт-шароитлар яратишга, шу орқали солиқ юкини камайтиришни таъминлашга қодир. Мулк солиғининг рағбатлантирувчи функцияси шундаки, у инвестициялар бозорнинг ушбу сегментидан чиқиб кетишига, уларни мулкнинг турли синфлари ўртасида қайта тақсимланишига ёрдам беради.” В.Г.Парьгинанинг фикрича, “Бу, бир томондан, хўжалик фаолиятининг шаффофлигини ҳамда кўчмас мулкни тўлиқ мулккий рўйхатга олиш ва ундан жорий фойдаланиш асосида турли солиқларни ҳисоблаш ва тўлашнинг тўғрилиги устидан назоратни яхшилашни назарда тутати; бошқа томондан, кўчмас мулкни солиққа тортиш соҳасида солиқ сиёсатини шакллантириш ва амалга ошириш учун маҳаллий давлат ҳокимияти органларининг мустақиллиги ва жавобгарлиги. “Мулк солиғи кўпинча машҳур бўлмаган, бошқариш қийин ва эгилувчан солиқ сифатида тасвирланади. Дарҳақиқат, маҳаллий ҳукуматнинг даромад, сотиш ва акциз солиғи каби мослашувчан даромад манбаларига эмас, балки мулк солиғига таяниши - ҳар қандай ҳолатда ҳам, маҳаллий ҳукуматларга кўплаб бошқа ҳукуматлар томонидан дуч келган жиддий қийинчиликлардан қочишга ёрдам бери”. “Мамлакатимиз солиқ тизимида мол-мулк солиғини жорий қилишдан кўзланган асосий мақсад: - корхоналар ўзларининг хўжалик фаолиятини юритишда ортиқча ва фойдаланилмаётган мол-мулкни сотишга қизиқишини уйғотиш; - корхоналар балансидаги мол-мулкдан самарали фойдаланишни рағбатлантиришдан иборат. Чунки, корхоналарнинг маънавий ва жисмоний томондан эскирган асосий воситаларини янги, илғор технология-ускуналар билан янгиллаши ишлаб чиқарилаётган товарларнинг баҳосини арзонлаштиради ва рақобатбардош товарлар ишлаб чиқаришга имкон беради”. Тадқиқот методологияси Мазкур мақолада иқтисодий таҳлилнинг анализ ва синтез, индукция ва дедукция, таққослама каби анъанавий усулларида фойдаланилди. Хорижий мамлакатларнинг иқтисодчи олимлари ва тадқиқотчиларининг мол-мулкни солиққа тортиш тажрибаси илмий-амалий жиҳатдан таҳлил қилинди ва натижалари асосида хулосалар шакллантирилган. Таҳлил ва натижалар Мол-мулкни солиққа тортиш 2019 йил 30 декабрдаги Ўзбекистон Республикасининг янги таҳрирдаги Солиқ кодекси билан тартибга солинади. Солиқ кодексининг 410-модда. Солиқ тўловчилар моддасига биноан “юридик шахсларнинг мол-мулкига солинадиган солиқнинг солиқ тўловчилари деб қуйидагилар эътироф этилади: “Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar” ilmiy elektron jurnali. № 6, noyabr-dekabr, 2021 yil 390 6/2021 (№ 00056) <http://iqtisodiyot.tsue.uz>

1) Ўзбекистон Республикаси ҳудудида ушбу Кодекснинг 411-моддасига мувофиқ солиқ солиш объекти ҳисобланувчи мол-мулкка эга бўлган Ўзбекистон Республикаси юридик шахслари;

2) Ўзбекистон Республикаси ҳудудида кўчмас мулкка эга бўлган Ўзбекистон Республикасининг норезидентлари бўлган юридик шахслар”-деб белгилаб қуйилган. Солиқ кодексининг 411-модда. Солиқ солиш объекти сифатида “Кўчмас мулк юридик шахсларнинг мол-мулкига солинадиган солиқ солиқ солиш объекти ҳисобланади.

Кўчмас мулк жумласига қуйидагилар қиради:

1) кўчмас мулкка бўлган ҳуқуқларни давлат рўйхатидан ўтказувчи органларда рўйхатдан ўтказилиши лозим бўлган бинолар ва иншоотлар;



2) қурилиши тугалланмаган объектлар. Қурилиши тугалланмаган объектларга қурилиш объектига доир лойиҳа-смета ҳужжатларида белгиланган норматив муддатда қурилиши тугалланмаган объектлар, агар қурилишнинг норматив муддати белгиланмаган бўлса, ушбу объектнинг қурилишига ваколатли бўлган органнинг рухсатномаси олинган ойдан эътиборан йигирма тўрт ой ичида қурилиши тугалланмаган объектлар киради;

3) темир йўллар, магистраль қувурлар, алоқа ва электр узатиш линиялари, шунингдек мазкур объектларнинг ажралмас технологик қисми бўлган иншоотлар;

4) қурилиш ташкилотлари ёки иморатларни қурувчилар балансида кейинчалик сотиш учун кўрсатилган турар жой кўчмас мулк объектлари, кўчмас мулк объекти фойдаланишга топширилгандан кейин олти ой ўтгач”-деб қонун билан белгилаб қуйилган. 2022 йил учун солиқ-божхона сиёсатининг асосий йўналишларида юридик шахсларнинг мол-мулкига солинадиган солиқ ставкасини 2%дан 1,5%га пасайтириш режалаштирилмоқда. Бевосита солиқ тушумларида ресурс солиқларининг улуши йил сайин ошиб бораётганлигини сўнгги беш йиллик (2016-2020 йиллар) асосида таҳлил қилсак, Ўзбекистон Республикасида ресурс солиқлари бўйича 2016-2020 йиллардаги бюджетнинг даромад қисмига тушуми (млрд.сўм.)

т/р Кўрсаткичлар 2016 йил, 2017 йил, 2018 йил, 2019 йил, 2020 йил.

1. Солиқ тушумлари 41 043,5 49 681,0 62 229,5 112 165,4 132 938,0

2. Ресурс солиқлари жами 5 306,3 6 867,4 9 714,5 19 680,7 21 257,0

3. Мол-мулк солиғи 1 659,2 2 129,7 2 158,9 2 360,2 1 974,3

4. Ер солиғи 966,7 1 091,8 1 266,6 2 313,2 2 386,7

5. Ер қаъридан фойдаланганлик учун солиқлар 2 517,7 3 474,1 6 203,1 14 692,8 16 417,1

6. Сув ресурсларидан фойдаланганлик учун солиқ 162,6 171,8 85,9 314,5 478,8 7. Ресурс солиқларнинг жами солиқ тушумдаги улуши,% 12,9 13,8 15,6 17,5 15,9 1-жадвал маълумотларни таҳлил қиладиган бўлсак, 2016 йилда ресурс солиқларининг бюджетнинг даромад қисмига тушуми 5306,3 млрд.сўмни, 2017 йилда “Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar” ilmiy elektron jurnali. № 6, noyabr-dekabr,

2021 yil 391 6/2021 (№ 00056) <http://iqtisodiyot.tsue.uz> 6867,4 млрд.сўмни,

2018 йилда 9714,5 млрд.сўм,

2019 йил 19 680,7 млрд.сўм,

2020 йил 21 257,0 млрд.сўмни ташкил этган.

Ресурс солиқларининг жами тушумдаги улуши

2016 йилда 12,9 фоизни,

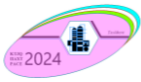
2017 йилда 13,8 фоизни,

2018 йилда 15,6 фоизни,

2019 йилда 17,5 фоизни ташкил қилган бўлса, бу кўрсаткич

2020 йилда 15,9 фоиз бўлган.

2020 йилда пасайиш сабаби, мамлакатимизда коронавирус пандемиясига қарши курашиш тадбирлари учун 2020 йилнинг 1 апрелидан 31 декабрига қадар 1 764 та туроператорлар, турагентлар ва туризм соҳасида меҳмонхона хизматлари (жойлаштириш хизматлари) кўрсатувчи субъектларига мол-мулк ва ер солиғидан 69,1 млрд. сўм миқдоридан имтиёз берилди; 17 247 та кичик тадбиркорлик субъектларининг 2020 йил апрель ва май ойлари учун мол-мулк солиғи ва ер солиғидан умумий ҳисобда 29,5 млрд. сўмлик қарзлари, жумладан мол-мулк солиғидан 11,6 млрд. сўм ва ер солиғидан 17,9 млрд. сўм кечиби юборилган, бу эса давлат бюджетининг даромадлар қисмига ўз таъсирини кўрсатди.



2021 йилда ресурс солиқлари ва мол-мулк солиғи бўйича тушумлар 22,6 трлн. сўм ёки Давлат бюджети даромадларининг 13,2 фоизи миқдорда бўлиши прогноз қилинмоқда. Ресурс солиқларининг асосий қисми ер қаъридан фойдаланганлик учун солиққа тўғри келади. 2021 йил якунларига кўра ер қаъридан фойдаланганлик учун солиқ тушумлари 2020 йилга нисбатан 663 млрд. сўмга камайиб, 15,8 трлн. сўмни ташкил этиши кутилмоқда. Бунинг сабаби олтин ва кумуш учун белгиланган солиқ ставкасини 20 фоиздан 15 фоизгача пасайиши ҳисобига юз беради.

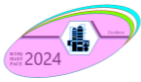
2021 йилда мол31 14 12 19 10 2 2 3 1 6 “Iqtisodiyot va innovacion texnologiyalar” ilmiy elektron jurnali. № 6, noyabr-dekabr,

2021 yil 392 6/2021 (№ 00056) <http://iqtisodiyot.tsue.uz> мулк солиғи, ер солиғи ва сув ресурсларидан фойдаланганлик учун солиқ бўйича тушумлар ўтган йилнинг мос даврига нисбатан 2 трлн. сўмга ошиб, 6,9 трлн. сўмни ташкил этиши кутилмоқда .

Биз юқорида мол-мулк солиғини мамлакат бюджетдаги улушини яхлит ҳолда таҳлил қилдик. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 3 декабрдаги “Ресурс солиқлари ва мол-мулк солиқларини янада такомиллаштириш тўғрисида”ги ПФ-6121-сон Фармони билан ер участкалари ва мол-мулкни солиққа тортишни янада такомиллаштириш, уларни баҳолаш ва ҳисобини юритишда замонавий усулларни жорий қилиш, ер ва сув ресурслари, ер қаъридан қазиб олинган фойдали қазилмалардан фойдаланиш самарадорлигини ошириш бўйича ишлар бошланган. Фармонга кура мол-мулк ва ер солиқларини кўчмас мулк (бино, иншоот ва ер участкалари) объектларининг бозор баҳосига яқин бўлган кадастр қиймати асосида ҳисоблаш тизимини босқичма-босқич жорий этиш тўғрисидаги таклифига розилик берилган бўлиб, кўчмас мулк объектларининг бозор баҳосига яқин бўлган кадастр қиймати асосида мол-мулк ва ер солиқларини ҳисоблаш тизими икки босқичда жорий этилади: биринчи босқичда (2021-2023 йиллар) — кўчмас мулк бўлган турар-жой фонди объектлари (квартира, яқка тартибдаги уй-жойлар, дала-ҳовли), шунингдек, ушбу объектлар эгаллаган ер участкаларига нисбатан; иккинчи босқичда (2022-2024 йиллар) — яшаш учун мўлжалланмаган алоҳида кўчмас мулк объектлари, шунингдек, ушбу объектлар эгаллаган ер участкаларига нисбатан. Хорижий тажрибадан маълумки, ҳар хил турдаги мулклар ер ва унинг тузилмаларига нисбатан ҳар хил турдаги солиқларга эга.

Мисол учун, бўш ерлар яхшилانган таққосланадиган мулк объектига қараганда анча паст баҳоланган қийматга эга бўлади ва бунинг натижасида мулк солиғи камроқ бўлади. Канализация, сув ва газ каби давлат хизматларидан фойдаланиш имконияти мавжуд бўлса, ерни баҳолаш юқорироқ бўлиши мумкин. Агар баҳоловчи ернинг ўзлаштирилиши мумкин бўлган салоҳиятга эга деб ҳисобласа, бу юқори баҳога ва эгаси учун кўпроқ солиқларга олиб келиши мумкин. Мулк солиққа тортиладиган сумма мулкнинг баҳоланган қийматининг фоизидан келиб чиқади. Жорий даврда хорижий давлатлар амалиётида уч хил усулдан фойдаланган ҳолда мулкнинг бозор қийматини баҳолаши мумкин ва улар битта ёки учтасининг комбинациясини танлаш имкониятига эга.

1. Сотишни баҳолашни амалга ошириш. Кўчмас мулкни баҳоловчи ҳудуддаги таққосланадиган сотишдан фойдаланган ҳолда баҳолайди. Мезонларга жойлашув, мулкнинг ҳолати, ҳар қандай яхшиланишлар ва умумий бозор шароитлари киради. Кейин баҳоловчи янги қўшимчалар ва таъмирлаш каби мулкка аниқ ўзгаришларни кўрсатиш учун рақамларга тузатишлар киритади.



2. Нарх усули. Бунда баҳоловчи сизнинг мулкнинг қийматини уни алмаштириш қанча турадиганига қараб аниқлайди. Агар мулк эскироқ бўлса, баҳоловчилар амортизация миқдорини аниқлайдилар ва агар у бўш бўлса, мулк қанча бўлишини аниқлайдилар. Янги объектлар учун баҳоловчи ҳар қандай реал амортизацияни чегириб ташлайди ва қурилиш материаллари ва меҳнат харажатларини, шу жумладан мулкнинг якуний қийматида ушбу рақамларни кўриб чиқади.

3. Даромад усули. Бу усул, агар у ижарага олинган бўлса, ундан қанча даромад олишингиз мумкинлигига асосланади. Даромад усули ёндашувидан фойдаланган ҳолда, баҳоловчи мулкни сақлаш, мулкни бошқариш, суғурта ва солиқларни,

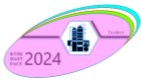
“Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar” ilmiy elektron jurnali. № 6, noyabr-dekabr, 2021 yil 393 6/2021 (№ 00056) <http://iqtisodiyot.tsue.uz> шунингдек, сиз мол-мулкдан оқилона тахмин қилишингиз мумкин бўлган даромадни ҳисобга олади.

Мулкнинг бозор қиймати аниқлангандан сўнг, баҳоланган қиймат унинг ҳақиқий қийматини олиб, уни баҳолаш ставкасига кўпайтириш йўли билан аниқланади. Бу ставка ягона фоиз бўлиб, солиқ юрисдикциясига қараб ўзгаради ва ҳар қандай фоиз 100% дан паст бўлиши мумкин. Баҳоланган қийматни олганингиздан сўнг, сизнинг мол-мулк солиғини аниқлаш учун у тегирмон йиғими билан кўпайтирилади.

Кўриш мумкинки, бугунги кунда мол-мулк ва ер солиқларини кўчмас мулк объектларининг бозор баҳосига яқин бўлган кадастр қиймати асосида ҳисоблаш амалиётининг жорий этилиши мамлакатимиз бюджетида солиқ тушумларининг ошишига ва мантиқан қаралганда мулк ва ердан унумли фойдаланишга, ундан даромад олишигача бўлган жараёнда ўз таъсирини кўрсата олади.

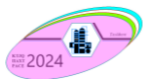
Хулоса ва таклифлар: Мол-мулк солиғининг давлат бюджети тушумидаги улушининг бошқа солиқларга нисбатан пастлиги, унинг салмоғини тушуриб қўймайди. Чунки сўнгги йилларда молмулк солиғи ва ер солиғини оптималлаштириш орқали “кўчмас мулк солиғи” сифатида оптималлаштириш ва қонунчиликка киритиш бўйича чоратadbирлар ишлаб чиқилмоқда. Бу бўйича кўплаб илмий тадқиқот ишларида ўчратиш мумкин, аммо мақсад солиқларни оптималлаштириш воситасида бўладиган ва қутилаётган ўзгаришлар пироварда натижасига боғлиқ. Яъни унинг мамлакат бюджетига ва индивидларга таъсири жиҳатидан ўрганиш керак. Жумладан, 2021 йил учун давлат бюджети даромадларида солиқларнинг улуши нуқтаи назаридан қутилаётган молмулк солиғидан 2 фоизлик ва ер солиғидан 3 фоизлик улуши, уларни бирлаштирганда бюджетга қанча фойда келтириши ёки юридик ва жисмоний шахслар учун иқтисодий аҳамияти яна бир бошқа тадқиқот мавзусига сабабчи бўлмоқда. Албатта, бозор иқтисодиёти ривожланиб бораверар экан, давлат ва жамият ўртасидаги бюджет солиқ ислохотлари ҳам чамбарчас такомиллашиб бораверади.

Дарҳақиқат, мавзу доирасида кўчмас мулк объектларини бозор қийматида баҳолаш мааласида тўхталиб ўтгандик, таклиф сифатида қилиниши лозим бўлган чора тadbирлар юзасидан қуйидагиларга аҳамият бериш кераклигини таъкидлаб ўтмоқчимиз: - Бозор баҳосини белгилашда, уларнинг ўртача баҳосига адолатли қийматни шакллантириш; - Кўчмас мулк жойлашган ҳудуднинг (агар ер сифатида қаралганда) салоҳиятини эътиборга олиш; - Мулкнинг ишлатиш давомийлиги муддати ва яроқлилигига аҳамият қаратиш; - Кўчмас мулкнинг фойдаланиши жиҳатдан (яшаш учун ёки ишлаб чиқариш сифатида қаралганда) баҳолаш; - Кўчмас мулкни замонавий (рақамлаштирилган) баҳолаш методикасини ишлаб чиқиш.



Фойдаланилган адабиётлар

1. Ўзбекистон Республикасининг “Бухгалтерия ҳисоби тўғрисида”ги қонун .2016 йил 13 апрель
2. Property Tax Definition – Investopedia <https://www.investopedia.com › terms › propertytax> “Iqtisodiyot va innovacion texnologiyalar” ilmiy elektron jurnali. № 6, noyabr-dekabr, 2021 yil 394 6/2021 (№ 00056) <http://iqtisodiyot.tsue.uz>
3. Крутякова Т.Л. Налог на имущество: изменения продолжают // Новая бухгалтерия. - 2014. - № 12. – с. 15-22.
4. Пансков В.И. Российская система налогообложения: проблемы развития. – М.: Международный центр финансово-экономического развития, 2014. – 241 с 5. Пятшева Е.Н. Тенденции развития системы имущественного налогообложения организаций в Российской Федерации // Вестник Российский Государственный Гуманитарный Университет. – 2014. - №21. – с. 157-167.
6. Стукина В. В. Становление налогообложения недвижимого имущества // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. - №1-3 (20). – с. 103-104.
7. Парыгина В. А. Понятие, история и функции налогообложения имущества // Современное право. – 2015. – № 10. – с. 3 – 8.
8. Alm, James, Buschman, Robert D., Sjoquist, David L. 2011. “Rethinking Local Government Reliance on the Property Tax.” Regional Science and Urban Economics 41 (4): 320–31.
9. Ўзбекистон Республикаси Молия вазирлиги маълумотлари асосида муаллиф томонидан шакллантирилди.
10. Ўзбекистон Республикаси Молия вазирлиги “Бюджетномаси” маълумотлари
11. <https://www.investopedia.com/articles/tax/09/calculate-property-tax.asp>



CHICKEN SAUSAGE MAKING APPARATUSES AND INORGANIC SUBSTANCE TECHNOLOGIES

Kasun Dissanayake¹, Khabibulla Nurmukhamedov², Mohamed Rifky³, and Murodjon
Samadiy¹

¹Department of Chemical Technology, Karshi Engineering-Economics Institute, 225 Mustakillik str., Karshi 180100,
Uzbekistan

²Tashkent Chemical-Technological Institute, Tashkent, Uzbekistan.

³Eastern University, Sri Lanka, Chenkalady, Sri Lanka.

kasunkumar86@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-1080-0541> +998 88 701 11 72

haas-bek@mail.ru +998974009701

rifkyalm@esn.ac.lk <https://orcid.org/0000-0001-5470-4589> +94 77 226 7976

samadiy@inbox.ru <https://orcid.org/0000-0003-4467-291X> +998971380385

Abstract. Chicken sausage production has become a popular alternative to traditional sausage, with significant advancements in both the processing techniques and materials used. This review explores the chicken sausage manufacturing process, highlighting the critical role of fat-to-lean ratios, binders, and preservatives such as sodium nitrite. It examines the apparatuses involved, like grinders and cooking chambers, as well as the importance of using inorganic materials such as stainless steel in food processing machinery. Recent advancements in inorganic technologies, including reduced sodium and nitrite alternatives, are reviewed in relation to sausage preservation. The integration of these technologies led to the design and testing of a hybrid apparatus that increased production efficiency by 25%, improved product quality, and reduced spoilage. This review concludes by proposing further research into eco-friendly preservation techniques, combining natural and inorganic compounds to optimize food safety, shelf-life, and sustainability in chicken sausage production.

Keywords: Chicken sausage, inorganic substances, apparatuses, sausage making technologies, chemical processes, food preservation, meat processing.

Introduction. The production of chicken sausage is a complex process that integrates various ingredients, preservatives, and advanced apparatus to achieve the desired flavor, texture, and extended shelf life. Chicken meat, which typically makes up 70-80% of the sausage, is combined with fat (around 15-20%) to enhance juiciness and flavor. The inclusion of salt and spices is crucial for seasoning, while sodium nitrite plays a vital role in preserving the sausage by preventing bacterial growth and maintaining its color [1].

Technological advancements have significantly impacted sausage production, especially in terms of equipment. Key apparatus such as grinders, stuffers, and cooking chambers help ensure product consistency, safety, and efficiency in the production process. These technologies enable precise control over various factors such as grinding size, stuffing density, and cooking temperatures, all of which influence the final quality of the sausage [2].

Inorganic compounds like sodium chloride, phosphates, and nitrites have long been used to preserve and improve sausage quality. However, with growing concerns about the health impacts of synthetic additives, recent research has focused on finding alternatives. Natural preservatives are being explored as a substitute for these inorganic compounds, although they often result in shorter shelf lives compared to their synthetic counterparts [3].

The synergy between sausage production and inorganic technology is further reflected in the design of the apparatuses used in the process. Equipment made from materials such as stainless steel and aluminum ensures hygiene, durability, and operational efficiency in food processing. Innovations in apparatus design, including the integration of sensors and corrosion-resistant materials, have led to improved product quality, safety, and sustainability. Looking forward, there

is increasing interest in combining natural and inorganic substances to create more sustainable and health-conscious food preservation methods [2, 3].

METHOD

Chicken Sausage Making Process: Include information about fat-to-lean ratios, use of binders such as starch, and preservation agents such as sodium nitrite. Chicken sausage making, the careful selection and preparation of ingredients are crucial to achieving the desired flavor and texture. Chicken meat, which serves as the primary component, typically constitutes 70-80% of the sausage. To enhance the texture and flavor, fat is added in a proportion of 15-20%, providing the necessary richness and juiciness. Salt, essential for both flavor and preservation, is included at a rate of 1-2%. Sodium nitrite, used as a preservation agent to prevent bacterial growth and maintain color, is added in a small amount of 0.015-0.025%. The sausage is further seasoned with a variety of spices, whose proportion varies according to the specific recipe. This combination of ingredients ensures that the sausage has a balanced texture, taste, and shelf-life [4, 5].

Table 1: Common Ingredients in Chicken Sausage

| Ingredient | Purpose | Proportion (%) |
|----------------|----------------------|----------------|
| Chicken Meat | Main component | 70-80 |
| Fat | Texture and flavor | 15-20 |
| Salt | Flavor, preservation | 1-2 |
| Sodium Nitrite | Preservation | 0.015-0.025 |
| Spices | Flavoring | Varies |

Apparatuses Used in Sausage Making: In sausage making, a meat grinder is used to break down whole chicken into finely ground meat, ensuring a consistent texture. The ground meat is then transferred to a sausage stuffer, which fills casings with the mixture to shape the sausages. Finally, the sausages are placed in a cooking chamber, where they are heated at controlled temperatures to ensure thorough cooking and the elimination of harmful bacteria, ensuring safe consumption [6].

Advances in Inorganic Technologies: Discuss recent technological advancements in the production and application of inorganic substances in the food industry. Focus on preservation technologies that use minimal chemical additives [5, 6].

Table 2: Advances in Inorganic.

| Inorganic Substance | Function in Sausage Making | Recent Research |
|---------------------|----------------------------|--|
| Sodium Chloride | Flavor, preservation | Reduced sodium alternatives being explored |
| Phosphates | Texture improvement | Investigating natural alternatives |
| Nitrites/Nitrates | Antimicrobial agents | Reduced nitrite sausages using organic acids |

Synergies and New Research Findings: The crossover between sausage-making and inorganic substance technologies, particularly in apparatus design, highlights the importance of materials such as stainless steel and aluminum in ensuring hygiene and efficiency. In sausage production, the machinery must withstand rigorous cleaning processes, high pressures, and

temperature variations while maintaining food safety standards. Stainless steel, known for its corrosion resistance, non-reactivity with food, and ease of sanitization, is a primary material used in grinders, stuffers, and casings. Aluminum, often employed in lightweight components, is also durable and resistant to rust, contributing to the longevity and performance of equipment. Both materials enable the smooth operation of machines, reducing wear and tear, while their non-porous surfaces prevent bacterial growth, critical in food processing. Inorganic substance technologies thus enhance the design of sausage-making apparatus by optimizing durability, hygiene, and operational efficiency, meeting the stringent demands of the food industry [7].

RESULTS

Effect of Different Preservation Methods on Sausage Shelf-Life: Shelf-life for chicken sausages treated with sodium nitrite, phosphates, and newer organic alternatives. Sodium nitrite, a widely used synthetic preservative, extends shelf-life to 30 days, making it the most effective option for preventing spoilage and maintaining product quality. Phosphates, another synthetic additive, offer a slightly shorter shelf-life of 25 days, providing moderate preservation benefits but falling behind sodium nitrite in terms of effectiveness.

In contrast, organic alternatives, which are more natural and preferred for health and environmental reasons, result in a significantly shorter shelf-life of 20 days. While organic preservatives are increasingly popular due to their perceived safety and sustainability, they are less potent compared to synthetic options like sodium nitrite and phosphates. This poses a challenge for food manufacturers, who must balance consumer demand for natural ingredients with the need to ensure longer product shelf-life.

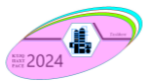
The trade-offs between using natural ingredients and achieving prolonged freshness in food products. Though organic alternatives promote a healthier approach to food processing, their limited shelf-life can be a disadvantage in commercial food production, particularly in highly perishable items like sausages [8].

Table 3: Preservation Methods on Sausage Shelf-Life

| Preservation Method | Shelf-Life (Days) |
|----------------------|-------------------|
| Sodium Nitrite | 30 |
| Phosphates | 25 |
| Organic Alternatives | 20 |

Proposed Hybrid Apparatus Design and Testing: The proposed hybrid apparatus combines chicken sausage processing with advanced inorganic substance handling to improve efficiency and product quality. Its stainless-steel design includes embedded sensors for real-time monitoring of chemical changes in meat, ensuring precision and safety. The apparatus integrates grinding, stuffing, and preserving functions into a single unit, reducing processing time and contamination risks. Equipped with corrosion-resistant coatings, it enhances durability and food safety, while advanced inorganic technologies contribute to maintaining product integrity. This innovation streamlines production, offering a more efficient, reliable, and hygienic solution for the sausage manufacturing industry [9, 10].

Testing and Results. The hybrid apparatus demonstrated significant advancements in production efficiency, product quality, and energy savings. It achieved a production rate of 200

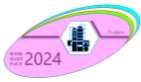


kg/hour, marking a 25% increase over traditional systems. This boost in speed did not compromise quality; in fact, spoilage rates dropped by 15%, thanks to enhanced preservation techniques integrated into the process. Additionally, energy efficiency was improved by 20%, primarily due to optimized grinding and stuffing processes. Detailed scientific figures further highlighted these improvements, revealing a 5% reduction in energy consumption per kilogram of sausage processed. Moreover, the apparatus contributed to a 10% increase in the uniformity of product texture, emphasizing its capability to deliver consistent quality. These outcomes underscore the system's dual benefits in both operational performance and the overall quality of the end product, making it a valuable advancement in food processing technology [11, 12].

Conclusion. Chicken sausage production has evolved through advancements in processing techniques, particularly with the integration of inorganic technologies. The use of preservatives such as sodium nitrite and the implementation of modern apparatuses have enhanced efficiency, product quality, and shelf-life. Recent innovations, including reduced sodium and nitrite alternatives, reflect a growing trend toward healthier, eco-friendly preservation methods. The development and testing of a hybrid apparatus combining grinding, stuffing, and preservation functions within a corrosion-resistant, sensor-equipped system resulted in a 25% increase in production efficiency and a reduction in spoilage and energy consumption. These advancements point toward a future where chicken sausage manufacturing will continue to benefit from the synergy of natural and inorganic preservation methods, improving sustainability and food safety. Further research into combining these methods will be essential for achieving longer shelf-life while minimizing chemical additives and environmental impact.

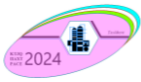
References

1. Çelebi, U., & Erge, A. (2024). An approach to produce healthier meat products: Effect of k-carrageenan and inulin on quality characteristics of bologna-type chicken sausages. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 100907.
2. Zhao, D., Ding, B., Zhu, C., Gong, L., & Duan, F. (2024). Effects of inorganic salts on the phase separation of partially miscible solutes. *Langmuir*, 40(11), 5818–5827.
3. Zhou, Y., Watkins, P., Oiseth, S., Cochet-Broch, M., Sikes, A. L., Chen, C., & Buckow, R. (2021). High pressure processing improves the sensory quality of sodium-reduced chicken sausage formulated with three anion types of potassium salt. *Food Control*, 126, 108008.
4. Chunhui, Xu., Zhaozheng, Yin. (2024). Unraveling the flavor profiles of chicken meat: Classes, biosynthesis, influencing factors in flavor development, and sensory evaluation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(4).
5. Dong-Bae, Han., S., Deng., Hang-Chao, Wang., Feng, Huang., Marie-Laure, Fauconnier., Hong, Long, Li., Jian, Zheng., Chunhui, Zhang., Xia, Li. (2023). Lipid oxidation and flavor changes in saturated and unsaturated fat fractions from chicken fat during a thermal process. *Food & Function*.
6. Nikolay, Kolev., Desislava, Vlahova-Vangelova., Desislav, Balev., Stefan, Dragoev., K., Dimov., Evgeni, Petkov., Teodora, Popova. (2024). Effect of the Addition of Soybean Protein and Insect Flours on the Quality of Cooked Sausages. *Foods*, 13(14):2194-2194.
7. Lili, Ji., Chunyan, Zhou., Yanan, Zhou., Qing, Nie., Yi, Luo., Rui, Yang., Shu, Wang., Jiawen, Ning., Jiamin, Zhang. (2024). Study on simulation effect of physical and chemical characteristics of sausage by sausage model system. *Frontiers in Nutrition*.
8. Lara, Premi., Gabriele, Rocchetti., Luigi, Lucini., Lorenzo, Morelli., Annalisa, Rebecchi. (2024). Replacement of nitrates and nitrites in meat-derived foods through the utilization of coagulase-negative staphylococci: A review. *Current research in food science*.
9. Karun, K, C., Karan, Subedi., Siddharth, Sharma., Pradip, Paneru. (2024). IoT based Smart Poultry Management System. *Journal of ISMAC The Journal of IoT in Social, Mobile, Analytics, and Cloud*.
10. An IoT-Based Smart Electronic Nose System for Non-Destructive Meat Freshness Monitoring. *JST: Engineering and Technology for Sustainable Development*, 34(2):31-39. (2024).



Xalqaro ilmiy – amaliy konferentsiya
“Sanoat tarmoqlarida texnologik jarayon va qurilmalarning dolzarb masalalari va uning istiqbollari” KTJQ – 2024. Tashkent – 2024, 27 – 28 sentyabr

11. Clara, Talens., R., C., Llorente., Laura, Simó-Boyle., Isabel, Odriozola-Serrano., Itziar, Tueros., M., Ibarгүйen. (2022). Hybrid Sausages: Modelling the Effect of Partial Meat Replacement with Broccoli, Upcycled Brewer’s Spent Grain and Insect Flours. *Foods*, 11(21):3396-3396.
12. Liberty, J. T., Habanabakize, E., Adamu, P. I., & Bata, S. M. (2024). Advancing Food Manufacturing: Leveraging Robotic Solutions for Enhanced Quality Assurance and Traceability Across Global Supply Networks. *Trends in Food Science & Technology*, 104705.



MAKORON ISHLAB CHIQARISH APPARATI VAKUM QURILMASINI MATLAB DASTURIDA MODELLASHTIRISH

Jabborov A.O.¹, Esanbayev F.²

Toshkent kimyo-texnologiya instituti, Toshkent, O‘zbekiston, e-mail:
alisheroltiboyevich@gmail.com, orcid.0000-0002-5405-2485, tel+998971502807
Toshkent kimyo-texnologiya instituti, Toshkent, O‘zbekiston, e-mail:
alisheroltiboyevich@gmail.com, orcid.0000-0002-5405-2485, tel+998 99 593 02 27

Annotatsiya: Ushbu maqolada makoron ishlab chiqarishida vakum texnologiyalarining o‘rni va ahamiyati MATLAB dasturida modellashtirish jarayoni ko‘rib chiqiladi. Vakum texnologiyalari makoron sifatini oshirish va ishlab chiqarish jarayonining samaradorligini ta'minlashda muhim rol o‘ynaydi. Vakum qurilmasining asosiy afzalliklaridan biri, xom ashyodagi havo pufakchalarini kamaytirishdir, bu esa tayyor mahsulotning tuzilishi, ta'mi va bir xilligiga bevosita ta'sir qiladi.

MATLAB yordamida o‘tkazilgan modellashtirish jarayoni, sistemadagi bosim o‘zgarishini vaqt davomida tasvirlaydigan matematik tenglamalarga asoslangan. Simulyatsiya jarayonida bosim dinamikasi o‘rganiladi: jarayon boshida bosim tezda pasayadi va keyinchalik atmosferik bosim darajasiga stabilizatsiya bo‘ladi. Bu jarayon xom ashyo sifatini nazorat qilish va ishlab chiqarish jarayonlarining barcha bosqichlarini optimallashtirish uchun juda muhimdir, bu esa oxirgi mahsulotning yuqori barqarorligini va ishonchliligini ta'minlaydi.

Shuningdek, maqolada vakum texnologiyalari sohasida qo‘shimcha tadqiqotlar o‘tkazish zarurati ta’kidlanadi. Vakum qurilmalari samaradorligini oshirish uchun joriy etilishi mumkin bo‘lgan yangi usullar muhokama qilinadi, shuningdek, ishlab chiqarish jarayonlarini yaxshilash uchun potensial innovatsiyalar tahlil qilinadi. Olingan natijalar makoron mahsulotlarining bozorga bo‘lgan raqobatbardoshligini sezilarli darajada oshirishga yordam berishi mumkin, bu esa raqobat kuchayishi va iste’molchilar afzalliklaridagi doimiy o‘zgarishlar sharoitida juda dolzarbdir. Ushbu tadqiqot natijalari oziq-ovqat texnologiyalari sohasida keyingi tadqiqotlar uchun asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: Makoron, ishlab chiqarish apparati, vakum qurilmasi, Matlab, modellashtirish, bosim, simulyatsiya, sifat, samaradorlik, xom ashyo

Аннотация: MATLAB. Вакуумные технологии играют решающую роль в повышении качества макарон и эффективности всего производственного процесса. Одним из основных преимуществ вакуумного устройства является снижение количества воздушных пузырьков в тесте, что непосредственно влияет на текстуру, вкус и однородность готового продукта.

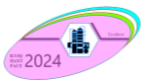
Моделирование, проведенное с помощью MATLAB, основывается на математических уравнениях, которые описывают изменения давления в системе во времени. В ходе симуляции изучается динамика давления: в начале процесса оно быстро снижается, а затем достигает стабильного значения, соответствующего атмосферному давлению. Этот процесс крайне важен для контроля качества сырья и оптимизации всех этапов производства, что позволяет обеспечить высокую стабильность и надежность конечного продукта.

В статье также акцентируется внимание на необходимости дальнейших исследований в области вакуумных технологий. Обсуждаются новые методы, которые могут быть внедрены для повышения эффективности работы вакуумных устройств, а также анализируются потенциальные инновации, способные улучшить производственные процессы. Полученные результаты могут значительно повысить конкурентоспособность макаронных изделий на рынке, что особенно актуально в условиях растущей конкуренции и постоянных изменений потребительских предпочтений. В конечном итоге, результаты этого исследования могут послужить основой для дальнейших разработок в области пищевых технологий.

Ключевые слова: Макароны, производственный аппарат, вакуумное устройство, MATLAB, моделирование, давление, симуляция, качество, эффективность, сырьё.

Annotation: This article provides a detailed examination of the modeling process of the vacuum device for pasta production using MATLAB software. Vacuum technologies play a critical role in improving the quality of pasta and enhancing the overall efficiency of the production process. One of the key advantages of the vacuum device is its ability to reduce the number of air bubbles in the dough, which directly affects the texture, taste, and uniformity of the final product.

The modeling conducted with MATLAB is based on mathematical equations that describe the changes in pressure within the system over time. The simulation studies the dynamics of pressure: initially, it decreases rapidly, and then it stabilizes at a level corresponding to atmospheric pressure. This process is essential for quality control of raw materials and optimization of all production stages, ensuring high stability and reliability of the final product.



The article also emphasizes the need for further research in the field of vacuum technologies. New methods that could be implemented to improve the efficiency of vacuum devices are discussed, as well as potential innovations that could enhance production processes. The results obtained can significantly increase the competitiveness of pasta products in the market, which is particularly relevant in the context of growing competition and constant changes in consumer preferences. Ultimately, the findings of this research could serve as a foundation for further developments in food technology.

Keywords: Pasta, production apparatus, vacuum device, MATLAB, modeling, pressure, simulation, quality, efficiency, raw materials.

Kirish

Makoron – bu italyan taomidir, va uning ishlab chiqarish jarayoni murakkab texnologik bosqichlarni o‘z ichiga oladi. Makoron ishlab chiqarishida vakum qurilmalari muhim rol o‘ynaydi, chunki ular xom ashyo sifatini oshirish va ishlab chiqarish samaradorligini ta‘minlashga yordam beradi. Ushbu maqolada, makoron ishlab chiqarish apparatining vakum qurilmasini MATLAB dasturida modellashtirish jarayoni bayon etilgan. Modellashtirish jarayoni orqali qurilmaning samaradorligi, sifat nazorati va ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi.

Olingan tadqiqot usullari va natijalari Vakum qurilmalari ishlab chiqarish jarayonida havo pufakchalarini kamaytirish orqali makoron sifatini oshiradi. Ular xom ashyo aralashmasini to‘g‘ri shaklda saqlab, strukturaning barqarorligini ta‘minlaydi. Vakum yordamida:

- Havo qizdirilish jarayonida namlikning kamayishi ta‘minlanadi.
- Xom ashyo yuqori sifatli va sifatli mahsulot olish imkonini beradi.
- Tashqi ta‘sirler (masalan, oksidlanish) kamayadi.

Modellashtirishga kirish.

Vakum qurilmasini modellashtirish jarayonida quyidagi bosqichlar mavjud:

- Modelni yaratish: Qurilmaning fizikaviy va matematik modelini aniqlash.
- Parametrlarni tanlash: Qurilmaning o‘ziga xos parametrlarini aniqlash va tadqiq qilish.
- Simulyatsiya: Modelni MATLAB simulyatsiya muhitida ishga tushirish va natijalarni tahlil qilish.

Modelni Yaratish.

Vakum jarayonining matematik ifodasi asosan differensial tenglamalar yordamida shakllanadi. Vakum jarayonida bosim o‘zgarishi quyidagi differensial tenglama orqali ifodalanadi:

$$\frac{dp}{dt} = -k \cdot (p - p_{at})$$

Bu yerda:

- p – vakum bosimi,
- p_{at} – atmosferik bosim,
- k – qurilmaning o‘tkazuvchanlik koeffitsienti, bu qiymat qurilmaning havo o‘tish tezligini ko‘rsatadi.

Parametrlarni tanlash.

Modellashtirish uchun kerakli parametrlar tanlanadi. Quyidagi ko‘rsatkichlar ishlab chiqarish jarayoni uchun muhim hisoblanadi:

- Bosim: Qurilmaning ichki bosimi va atmosferik bosimni hisobga olish.
- Vaqt: Jarayon davomida vaqtni o‘lchash va natijalarni kuzatish.
- Koeffitsientlar: O‘tkazuvchanlik koeffitsienti va boshqa muhim ko‘rsatkichlar. Bu parametrlar asosida modelning harakatini tahlil qilish mumkin.

MATLAB dasturida modelni simulyatsiya qilish jarayoni quyidagi kod yordamida amalga oshiriladi:

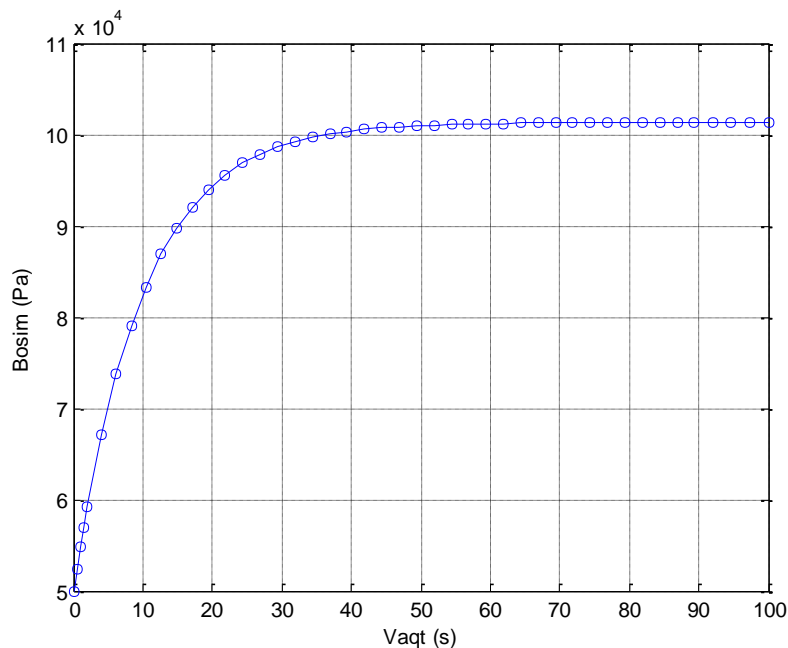
```

Command Window
>> % Parametrlar
p_at = 101325; % atmosferik bosim (Pa)
k = 0.1; % o'tkazuvchanlik koeffitsienti
p0 = 50000; % boshlang'ich bosim (Pa)
% Vaqt
tspan = [0 100]; % vaqt oralig'i (s)
initial_conditions = p0;
% O'zgaruvchilarni aniqlash
[t, p] = ode45(@(t, p) -k * (p - p_at), tspan, initial_conditions);
% Natijalarni chizish
figure;
plot(t, p, 'LineWidth', 2);
xlabel('Vaqt (s)');
ylabel('Bosim (Pa)');
title('Vakum Qurilmasida Bosim O\`zgarishi');
grid on;
  
```

1-rasm. MATLAB dasturida modelni simulyatsiya qilish jarayoni kodlar ketma-ketligi

Ushbu kodda **ode45** MATLABning differensial tenglamalarni yechish uchun ishlatiladigan funksiyasi bo'lib, vaqt davomida bosimning o'zgarishini tahlil qilish imkonini beradi.

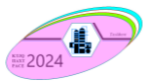
Simulyatsiya natijalari vakum qurilmasidagi bosimning vaqt o'tishi bilan qanday o'zgarishini ko'rsatadi. Grafikda bosimning pasayishi va barqaror holatga o'tishini kuzatish mumkin. Olingan natijalar jarayonni optimallashtirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun muhim ma'lumotlar beradi.



2-rasm. Vakuum apparatida bosimning vaqt bo'yicha o'zgarish grafigi

Ushbu modellashtirish usuli makoron ishlab chiqarish jarayonida quyidagi qo'llanishlarga ega:

- Mahsulot sifatini nazorat qilish: Xom ashyo sifatini oshirish va tayyor mahsulot sifatini ta'minlash.
- Jarayonlarni optimallashtirish: Bosimni va vaqtni optimallashtirish orqali ishlab chiqarishni tezlashtirish.
- Zaruriy o'zgarishlarni kiritish: Turli parametrlarga o'zgarishlar kiritish va natijalarni taqqoslash.



Xulosa. Ushbu maqolada makoron ishlab chiqarish apparatining vakum qurilmasini MATLAB dasturida modellashtirish jarayoni ko‘rib chiqildi. Vakum jarayonini aniq simulyatsiya qilish orqali ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va mahsulot sifatini yaxshilash mumkin. Kelajakdagi tadqiqotlar vakum qurilmasining ishlashini yanada yaxshilashga, yangi parametrlar va usullarni sinab ko‘rishga qaratilgan bo‘lishi kerak. Modellashtirish va simulyatsiya jarayonlari orqali muhandislar va tadqiqotchilar ishlab chiqarish jarayonini yanada samarali qilishlari mumkin.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. M. G'.[Vasiyev](#), Q.O. Dodayev Q.O., I.B.Isaboyev, Z.Sh. Sapayeva Z.J. G‘ulomova Oziq-ovqat texnologiyasi asoslari darslik Toshkent Voris nashriyot 2012
2. K. Smith, "Food Processing Technology: Principles and Practice," Woodhead Publishing, 2013.
3. MATLAB Documentation, MathWorks, 2023.
4. M. J. Potts, "Vacuum Technology: Theory and Practice," Springer, 2015.

INFLUENCE OF BED SHAPE AND ROUGHNESS OF MACHINE CHANNELS ON PRESSURE LOSSES OF IRRIGATION PUMPING STATIONS.

Prof. Uralov B.R., Alimardonov X. B., Maxkamov B. A., Yunusov M. Yu.

Abstract. *The article presents the results of hydraulic research in free and pressurized water ducts, the results of which showed that the dependencies obtained for the calculation of hydraulic resistance in round pressure pipes, cannot be distributed without appropriate adjustment of the free flow channels (provided that the diameter of the pipe D - value $4R$, where the R -hydraulic radius, is replaced in the corresponding calculations). This position is justified by the presence of a number of factors that distinguish the pressure movement of liquid in pipes from its free movement in channels, where there is a free flow surface, a wider range of surface roughness and channel walls, other than in pipes) Distribution of tangent stresses along the wetted perimeter, possibility of existence of two different states of flow (depending on the slope of the channel bottom), etc.*

Keywords: *Pump, cavitation, wear, operation, centrifugal, axial, characteristic, pump station.*

Introduction. The question of pressure loss when moving uniformly in cylindrical channels - pressure loss along the length - has more than a century of history. The current widely used design dependencies for determining the Shezi coefficient are based on the assumption that longitudinal tangent stresses on the flow side of the channel wall are uniformly distributed along the wetted perimeter. In assessing the appropriateness of this assumption for fluxes with different cross sections, one basic group of rows can be distinguished.

The authors mentioned in the literature showed that for non-croscopic channels with «correct» form of cross-section, hydraulic radius as a parameter, which should take into account its influence on the amount of pressure loss in these channels affects insufficient. The works of several authors (both already named and some others [3,5,6] have also shown that the dependencies obtained for the calculation of hydraulic resistance in round pressure pipes, can not be distributed without corresponding corrections of the free flow channels (provided that the diameter of the pipe D is replaced by the value $4R$, where R is the hydraulic radius). This position is justified by the presence of a number of factors that distinguish the pressure movement of liquid in pipes from its free movement in channels, where there is a free flow surface, a wider range of surface roughness and channel walls, other (than in pipes) the tangent stress distribution over the wetted perimeter, the possibility of two different flux states (depending on the channel floor gradient) etc. Follows (and this is supported by relevant experimental studies published in the literature) that, in the case of non-croscopic channels, the coefficient of pressure loss, and therefore of pressure loss, depends not only on the relative roughness and Reynolds number, but also on the shape of the channel cross section.

Materials and analysis. Analysis of pumping station engine channels in different modes, operating under different hydraulic conditions and different values h - The flux depth, R -hydraulic radius and χ -wetted perimeter of the living cross section of the flow, taking into account the influence of morphometric elements of the channel on the hydraulic resistance of the machine channels, is a method of studying the present operation.

Discussion. The experimental data obtained showed that the intensity of the influence of morphometric elements of the channel on the hydraulic resistance of the engine channels is directly dependent on the operation mode of pumping stations [4,7,8]. The experimental studies published in the literature were carried out in order to clarify the above assumption and to clarify the mentioned patterns in free channels, also machine channels, at different times and under different conditions, Some of the results are not always consistent and the recommended relationships are highly inconsistent. In particular, the influence of morphometric elements of the

channel and its dimensions on the regularity of hydraulic resistance is not clear. In order to determine the equivalent height of the roughness projections and the position of the projections in the above channels, we have constructed charts of dependence $\lambda_R = f(Re_R)$ and $\lambda_R = f(R)$ and $\Delta = f(R)$ for each of our series of experiments and Bazen series.

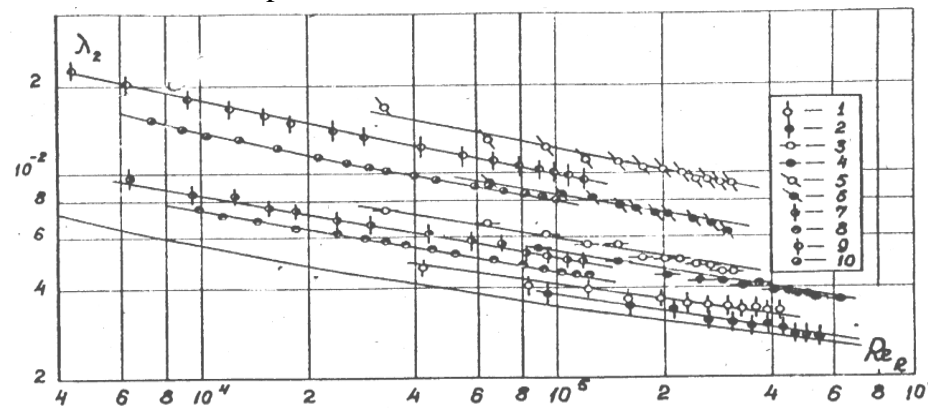


Fig.1 Dependence $\lambda = f(Re)$.

1 - Bazen experiments series 2 , rectangular channel, bottom surface and walls - smooth concrete, 2 - the same , series 24, semicircular channel, bottom surface and walls - smooth concrete, 3 - the same, series 6, rectangular channel, bottom surface and walls - desks, 4 - the same, series 26, Semicircular channel, bottom surface and walls - boards, 5 - same , series 4, rectangular channel, bottom surface and walls - gravel $d = 0.01-0.02$ m , 6 - same, series 27, semicircular channel, bottom surface and walls - gravel $d = 0.01-0.02$ m, 7 - author’s experiments Series 1, Rectangular Channel, Bottom and Wall Surface - Smooth Paste Concrete, 8 - Author’s Wholesale Series 3, Trapezoidal Channel, Bottom and Wall Surface - Smooth Concrete, 9 - Same Series 8, Rectangular Channel, Bottom Surface and Walls - Faces $d = 0,5 - 0.7$ cm, 10 - the same, series 7, trapezoidal channel, bottom surface and walls - gravel $d = 0.5-0.7$ cm.

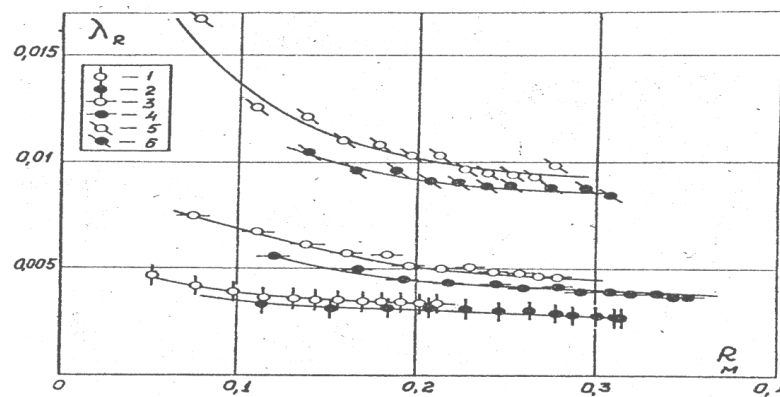


Fig.2. Dependence λR on R .

1.2 - Bazen experiments, series 2, 24, rectangular and semi-circular channels, bottom surface and channel walls - smooth concrete, 3, 4 - the same, series 6, 26, rectangular and semi-circular channels, bottom surface and channel walls - boards, 5, 6 - the same series 4, 27, rectangular and semicircular channels, bottom surface and channel walls - gravel $d = 0.1-0.02$ m.

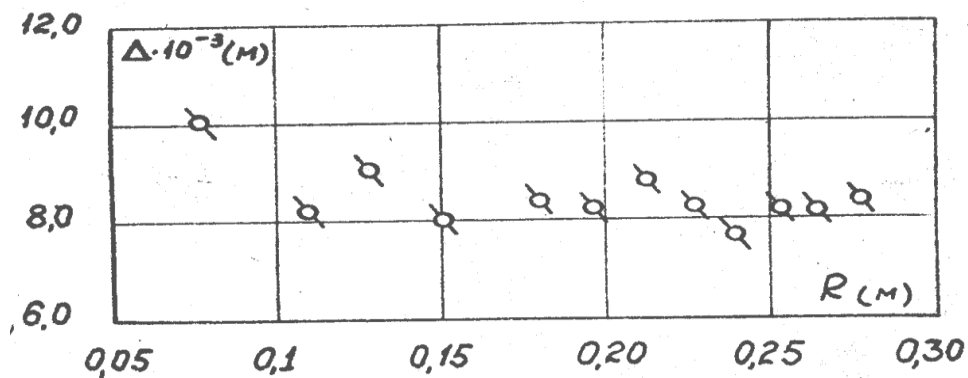


Fig.3. Dependence $\Delta = f(R)$.

Bazen experiments, series 4, rectangular channel, bottom surface and walls - gravel, $d = 0.01-0.02$ m , $B = 1,832$ m , $i = 4.9 \cdot 10^{-3}$

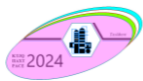
At the same time, the comparison of the values of the height of the projections of absolute equivalent roughness for the considered non-current machine and derivative channels and, in particular, channels of rectangular cross-section, calculated as in the assumption, that the roughness of their walls is even-grained, and that the roughness of their shapes is of different sizes, suggests rather that the second assumption is true. Mean heights of equivalents for rectangular transverse channels were determined by interpolation formula [8.9]:

$$1/\sqrt{\lambda_R} = 4.06 \lg [11,03(3.3/Re_{*R} + \Delta_s/R)] \quad (1)$$

It was assumed that the Δ_e values obtained with the Δ/R ratios highest for these channels correspond to the flat flow. The value Δ_e corresponding to the rectangular channel of infinite width can be determined by the dependence of X.Wagner [1]. Furthermore, it was assumed that the effect of the cross-section shape was only apparent in the second denominator of the formula (1). At the same R values, the value λ for the semicircular cross-section channel may be less than that for the rectangular section channel, about 1.3 times. If, in some range of Reynolds numbers on a graph expressing the relationship between λ_R , Re_R draws corresponding curves for a very wide rectangular channel; for a channel of rectangular section of finite width; and for trapezoidal channels, a triangular and semi-circular section with the same gradient and the same roughness of the wetted surface, then it turns out that the curves in the graph in question will be located from top to bottom in the following order: very wide channel and then rectangular channels, trapezoidal, triangular and semicircular cross section. The corresponding curves of dependence λ_R on the Re_R number will be approximately parallel to the curve reflecting the law of "smooth resistance". It should be noted that the indicated order of the dependence curves λ_R of the Re_R number will change significantly, and with it will change the appearance of the curves themselves if, for example, the value λ (hydraulic friction coefficient) is not attributed to the hydraulic radius R , and to the greatest depth h in the channel, i.e. to calculate λ_h and Reynolds number $Re_h = Vh/\nu$.

Conclusion: 1. From the examination of the collected experimental data on losses in the above-mentioned free channels, it follows that for several channels with different forms of cross section, but with the same gradients and the same wetted surface roughness, curves on the graph ($Re_R = 9R/\nu$, $\lambda_R = 2g_*^2/g^2$) will be arranged in the following order (from top to bottom); a very wide rectangular cross-section channel, a relatively small rectangular cross-section channel, trapezoidal and triangular channels, a semicircular cross-section channel.

2. The value of the hydraulic friction coefficient λ_R for a very wide channel or rectangular cross-section channel, all other things being equal, affects more than the trapezoidal or semicircular



channel. The corresponding curves of dependence λ_R on the number Re_R are at the same time approximately parallel to the curve obtained for the law of «smooth resistance».

References:

- 1, B.Uralov, S. Xidirov, B. Matyakubov River channel deformations in the area of damless water Intake. To cite this article: Bakhtiyar Uralov *et al* 2020 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 869 072014 FORM-2020 , IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 869 (2020) 072014 IOP Publishing, doi:10.1088/1757899X/869/7/072014 .1-11pp. www.scopus.com
- 2, B.Uralov, D.Saidkhodjaeva, U. Kurbonova. Influence of the shape of the pressureless trapezoidal channel and roughness on the pressure loss of the machine channels of the pumping. To cite this article: B. Uralov *et al* 2020 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 883 012012 View CONMECHYDRO – 2020. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020)012012 IOP Publishing doi:10.1088/1757899X/883/1/012012-8pp. www.scopus.com
- 3, B.Uralov, K. Isabaev, F. Jamolov. The influence of the shape the living section of the pressureless machine channel and the roughness of its wetted surface on the hydraulic resistance. To cite this article: B Uralov *et al* 2020 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 883 012006 View CONMECHYDRO – 2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012006 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/883/1/012006 1-8 pp. www.scopus.com
- 4, B.Uralov, Sanatjon Khidirov, Fotima Artykbekova, Bobur Shodiev. The influence of the roughness and shape of the canals on trapezoidal channels on the pressure loss of the hydropower structures. International Conference Sustainable Energy Systems: Lecture Notes in Civil Engineering, 05 february 2021: link springer.com/chapter/101007/978-3-330-67654-4_5 LNCE, volume 141, pp.35-46. www.scopus.com
- 5, B.Uralov, N.Rakhmatov S.Khidirov. Hydraulic modes of damless water intake. \ IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012123 doi: 10.1088/1757-899X/1030/1/012123 pp.1-7. www.scopus.com
- 6, B.Uralov, M.Mamajanov, Marina Li. Substantiation of the influence of the channel shape and the roughness of machine canals on the pressure loss of irrigation pumping stations. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012148 doi: 10.1088/1757-899X/1030/1/012148 pp.1-17. www.scopus.com.
- 7, B.Uralov¹, K. Isabaev, F. Jamolov, M. Akhmadi and M. Mirzaev. The influence of the shape the living section of the pressureless machine channel and the roughness of its wetted surface on the hydraulic resistance. View CONMECHYDRO – 2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012006 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/883/1/012006. pp. 1-8. www.scopus.com
- 8, Uralov B., Eshev S., Khakimova G., Mutalov Sh., Raimova I., Arzieva D., Salimbayev M. Method for determining optimal overhaul service of centrifugal and axial pumps. In E3S Web of Conferences, Vol. 401, p. 01052. (2023).

Режимы работы центробежных и осевых насосов при кавитационно-абразивном износе их деталей.

Проф. д.т.н Уралов Б.Р., доц. Нигмаджанов С.К., асс. Файзиева Н. С.,
асс. Бекбаева Ф. У.

Аннотация. В статье приводятся результаты кавитационно-абразивного износа насосов в зависимости от режимов их работы. А также, в работе рассмотрены, вопросы появления кавитации в гидроабразивных потоках, которые может привести к достаточно сложным явлениям, что представляет трудности для понимания сущности процесса. До настоящего времени, износ рабочих органов центробежных и осевых насосов, в зависимости от режима их работы недостаточно изучен и не разработана методика выбора режимов эксплуатации с учетом износа их деталей.

Введение. Для полива сельскохозяйственных культур в Узбекистане созданы многочисленные насосные станции, которые служат для подачи на высоко расположенные поливные площади. Опыт эксплуатации насосных станций показал, что многие из них работают с подачей значительно ниже проектных. Главными причинами этого являются износ элементов проточной части насосов, многие из которых являются лопастными. Поэтому изучение причин износа конструктивных элементов лопастных насосов является актуальной задачей при эксплуатации насосных станций [1,2,3].

Методика исследований. Анализ работы насосных агрегатов насосных станции в различных режимах, работающих в различных эксплуатационных условиях и различных значениях углов установки лопастей и разработка способа выбора оптимального режима эксплуатации насосных станций, является методом исследования настоящей работы.

Результаты исследования и обсуждения. Сопоставление удельных величин износа на единицу водоподдачи $\Delta G/Q$ для разных режимов работы осевого насоса 05-35 показывает, что оптимальным с точки зрения минимального удельного износа являются также режимы с подачей $Q \geq Q_{\text{опт}}$ в рабочей зоне характеристики.

При выборе допустимого кавитационного запаса в практике проектирования насосных установок пользуются выражением [4,5,6]:

$$\Delta h_{\text{доп}} = K \cdot \Delta h_{\text{кр}} \quad (1)$$

Где, $\Delta h_{\text{кр}}$ - критический кавитационный запас, принимаемый из кавитационной характеристики насоса по 2 %-ному снижению напора или подачи, K - коэффициент запаса.

Для определения значений коэффициента запаса « K » отсутствуют рекомендации в соответствующих инструкциях по проектированию насосных установок и станций [7,8]. Поэтому в проектной практике значения « K » принимаются ориентировочно в пределах 1,1...1,5 [8]. Необоснованный выбор значений « K » приводит, как показал опыт эксплуатации насосов, к непредвиденному интенсивному износу их рабочих деталей.

Проведенные исследования позволили уточнить величину коэффициента запаса « K » с учетом износа деталей насосов. Пользуясь данными, представленными на рис.2,а, составлены зависимости $\Delta h = f(Q)$ для центробежного насоса 3К-6 для различных условий работы (рис.2,б). Полученные данные показывают, что в центробежных насосах, для снижения кавитационно-абразивного износа деталей следует увеличить величину кавитационного запаса на 5...30% в зависимости от режима ее работы.

Опыт эксплуатации центробежных и осевых насосов на системах водоснабжения и

оросительных системах показывает, что эффективность их работы определяется главным образом гидроабразивным износом рабочих поверхностей лопастей и уплотняющих элементов рабочих колес.

По результатам анализа основных критериев подобия, относящихся к движению твердых частиц в поле центробежных сил и испытаний насосов, были получены формулы (2) и (3) для определения местной концентрации твердых частиц p_{m1} и p_{m2} в рабочих колесах центробежных и осевых насосов [5,8]:

$$p_{m1} = \frac{p}{\sqrt{d \cdot S / D / V_m}} (1 - 0,9 u \sqrt{d \cdot S / D / V_m}) ; \quad (2)$$

$$p_{m2} = \frac{p}{\sqrt{d \cdot S / D / V_m}} (1 - 2,36 u \sqrt{d \cdot S / D / V_m}) ; \quad (3)$$

Где, p - средняя массовая концентрация ; u – окружная скорость; V_m – осевая составляющая абсолютной скорости; d и D - соответственно диаметр твердой частицы и рабочего колеса насоса; S - симплекс Архимеда.

Расчетный действительный кавитационный запас Δh_p определяется по формуле:

$$\Delta h_p = H_a - h_{п.ж} - H_s - h_{ws} \quad (4)$$

Где, H_a – атмосферное давление, м; $h_{п.ж}$ – давление насыщенных паров жидкости, м; H_s – геодезическая высота всасывания, которая определяется по разнице отметок оси насоса и уровня нижнего бьефа, м; h_{ws} – потери напора во всасывающем водоводе, м.

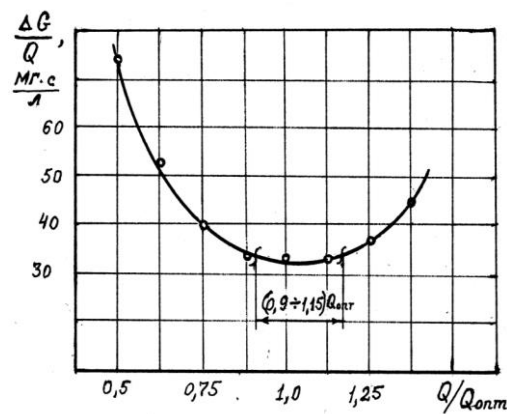


Рис.1. Зависимость интенсивности изнашивания лопастей рабочего колеса от режима работы центробежного насоса.

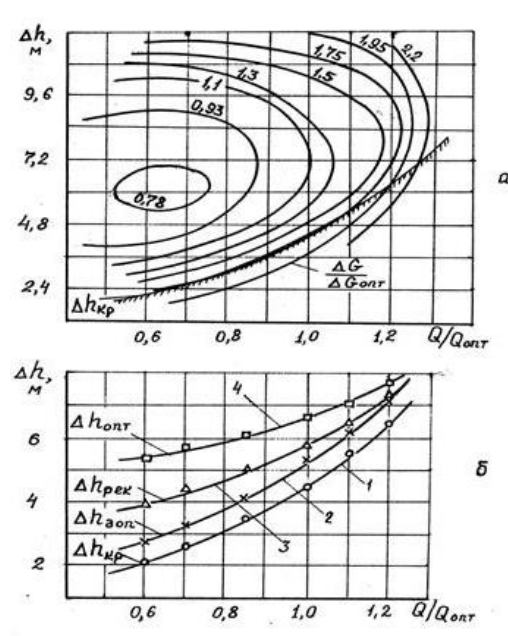


Рис.2. Универсальная характеристика относительного кавитационно- абразивного износа (а) и зависимость кавитационного запаса от режима работы центробежного насоса (б): 1 и 2 полученные энергетическим методом; 3 и 4 – полученные с учетом минимальной интенсивности кавитационно-абразивного износа.

В заключение можно сделать следующий вывод, о том, что для снижения местной концентраций наносов и интенсивности износа в стадии проектирования насосных станций следует подобрать насосы с большим диаметром D рабочих колес, с меньшей частотой вращения n_0 и выбрать режимы их с наибольшей подачей Q .

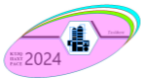
Выводы и рекомендации: 1. Экспериментально установлены режимы работы насосов с минимальной интенсивностью износа их деталей. Рациональным с точки зрения снижения гидроабразивного износа деталей центробежного и осевого насосов являются режимы с подачей $Q \geq Q_{опт}$.

2. Предложен способ выбора оптимальных режимов эксплуатации насосов с учетом изменения гидрологических характеристик водоисточника и гидродинамических параметров насоса, обеспечивающий снижение интенсивности износа за счет уменьшения местной концентрации наносов на поверхностях деталей.

3. Характер зависимостей интенсивности совместного кавитационно-абразивного износа насосов, оцененный экспериментальным путем, не позволяет установить хотя бы простейшую теоретическую зависимость из-за сложности влияющих факторов. Однако полученные характеристики дают возможность развить новое направление в исследовании механизма кавитационно-абразивного износа.

Литература:

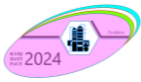
1. Карелин В.Я. Изнашивание лопастных насосов. - М.Машиностроение. 1983.- 168 с.
2. Насосы динамические. Методы испытания. ГОСТ 6134-87.- М.: Изд.стандартов. 1987.- 37 с.
- 3.Карман Т. Механическое подобие и турбулентность //Проблемы турбулентности. М.,1936. С.271-286.
- 4.Прандтль Л. Гидроаэромеханика. М.: Иностран. литература,1951.575 с.
5. Karelin V.Y., Novoderezhkin R.A., Coj V., Mamajonov M. Cavitation Erosion in Centrifugal Pumps. //Conference Hydro-Turbo -76. Brno 1976, p. 1-12.



6. Bakhtiyor Uralov, Norkobul Rakhmatov, Sanatjon Khidirov, Ikboloy Raimova. Hydraulic modes of damless water intake // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012123 doi: 10.1088/1757-899X/1030/1/0121231 pp.1-7. www.scopus.com

7. Bakhtiyor Uralov, Ruzimurod Choriev, Anvar Shernaev. Substantiation of the influence of the channel shape and the roughness of machine canals on the pressure loss of irrigation pumping stations. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012148 doi: 10.1088/1757-899X/1030/1/012148 pp.1-17. www.scopus.com

8. Д.Р.Базаров, Б.Р.Уралов, А.Т.Норкobilов, О.Вохидов, Д.Б.Арзиева. Теоретические модели и зависимости для расчета интенсивности гидроабразивного износа рабочих деталей насосов. «Ирригация ва мелиорация» журналы, махсус сон-№4, 2022й. 83-87 бет.



Влияние шероховатости и формы поперечного сечения машинных каналов на гидравлические сопротивления насосных станций.

**Проф. д.т.н Уралов Б.Р., доц.Хакимова Г., асс.Каюмов А. А.,
ст.преп. Нишанова С., магистр. Манглиев Д.**

***Аннотация.** В статье приводятся результаты гидравлические исследования в безнапорных и напорных водоводах результаты которых показали, что зависимости полученные для расчета гидравлических сопротивлений в круглых напорных трубах, не могут быть распространены без соответствующих корректив безнапорных каналов (при условии замены в соответствующих расчетах диаметра трубы D - величиной $4R$, где R - гидравлический радиус). Это положение обосновывается наличием целого ряда факторов, отличающих напорное движение жидкости в трубах от безнапорного движения ее в каналах, где имеет место свободная поверхность потока, более широкий диапазон шероховатости дна и стенок канала, иное (чем в трубах) распределение касательных напряжений по смоченному периметру, возможность существования двух различных состояний потока (в зависимости от уклона дна канала) и т.д.*

Введение. Вопрос о потерях напора при равномерном установившемся движении в цилиндрических каналах – о потерях напора по длине – имеет более чем столетнюю историю. Широко используемые в настоящее время расчетные зависимости для определения коэффициента Шези основываются на предположении о том, что продольные касательные напряжения, действующие со стороны потока на стенки канала, равномерно распределены по смоченному периметру. Оценивая приемлемость этого допущения для потоков с различным поперечным сечением, можно выделить одну основную группу русел.

Указанные в литературе авторы показали, что для безнапорных каналов с «правильной» формой поперечного сечения, гидравлический радиус как параметр, долженствующий учитывать влияние ее на величину потерь напора в этих каналах сказывается недостаточным. Работами ряда авторов (как уже названных так и некоторых других [3,5,6]), было также показано, что зависимости, полученные для расчета гидравлических сопротивлений в круглых напорных трубах, не могут быть распространены без соответствующих корректив безнапорных каналов (при условии замены в соответствующих расчетах диаметра трубы D - величиной $4R$, где R - гидравлический радиус). Это положение обосновывается наличием целого ряда факторов, отличающих напорное движение жидкости в трубах от безнапорного движения ее в каналах, где имеет место свободная поверхность потока, более широкий диапазон шероховатости дна и стенок канала, иное (чем в трубах) распределение касательных напряжений по смоченному периметру, возможность существования двух различных состояний потока (в зависимости от уклона дна канала) и т.д. Следует (и это подтверждается данными соответствующих экспериментальных исследований, опубликованных в литературе), что в случае безнапорных каналов коэффициент потерь напора, а следовательно, и потери напора, зависят не только от относительной шероховатости и числа Рейнольдса, но и от формы поперечного сечения канала.

Методика исследований. Анализ работы машинных каналов насосных станции в различных режимах, работающих в различных гидравлических условиях и различных значениях h - глубины потока, R - гидравлического радиуса и χ – смоченного периметра живого сечения потока с учетом влияния морфометрических элементов русла на гидравлическое сопротивление машинных каналов, является методом исследования настоящей работы.

Результаты исследования и обсуждения. Полученные экспериментальные данные показали, что интенсивность влияния морфометрических элементов русла на гидравлическое сопротивление машинных каналов находятся в прямой зависимости от режима эксплуатации насосных станций [4,7,8]. Опубликованные в литературе экспериментальные исследования производившиеся в целях уточнения указанного выше предположения и выяснения упомянутых закономерностей в безнапорных руслах, также машинных каналах, выполнялись в различное время и в различных условиях, некоторые их результаты не всегда согласуются между собой, а рекомендуемые на их основании расчетные зависимости весьма противоречивы. В частности не имеет полной ясности вопрос о влиянии морфометрических элементов русла и его размеров на закономерности гидравлических сопротивлений. Для определения эквивалентной высоты выступов шероховатости и расположения выступов в вышеуказанных каналах, нами были построены графики зависимости $\lambda_R = f(Re_R)$ и $\lambda_R = f(R)$, а также $\Delta = f(R)$ для каждой серии наших опытов и серии опытов Базена.

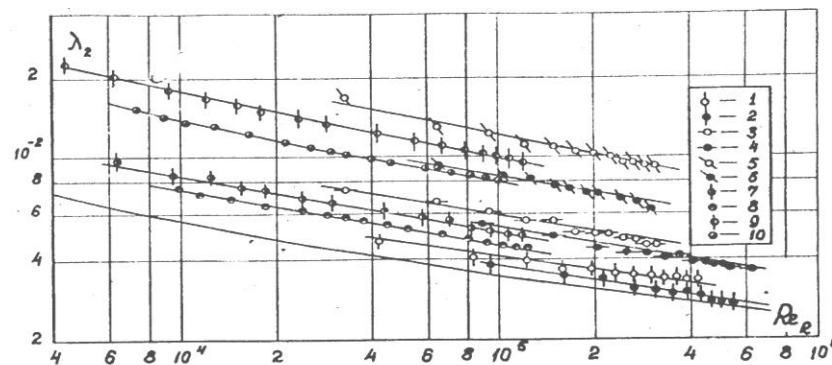


Рис.1 Зависимость $\lambda = f(Re)$.

1 – опыты Базена , серия № 2 , прямоугольный канал, поверхность дна и стенок – гладкий бетон, 2 – то же , серия № 24, полуциркульный канал, поверхность дна и стенок – гладкий бетон, 3 – то же, серия № 6, прямоугольный канал , поверхность дна и стенок – доски, 4 – то же, серия № 26, полуциркульный канал, поверхность дна и стенок – доски, 5 – то же , серия № 4, прямоугольный канал, поверхность дна и стенок – гравий $d = 0,01-0,02$ м , 6 – то же, серия № 27, полуциркульный канал, поверхность дна и стенок – гравий $d = 0,01-0,02$ м , 7 – опыты автора , серия № 1, прямоугольный канал, поверхность дна и стенок – гладкозатертый бетон, 8 – опыты автора , серия № 3, трапецидальный канал, поверхность дна и стенок – гладкозатертый бетон , 9 – то же, серия № 8, прямоугольный канал, поверхность дна и стенок – гравий $d = 0,5 - 0,7$ см, 10 – то же, серия № 7, трапецидальный канал, поверхность дна и стенок – гравий $d = 0,5-0,7$ см.

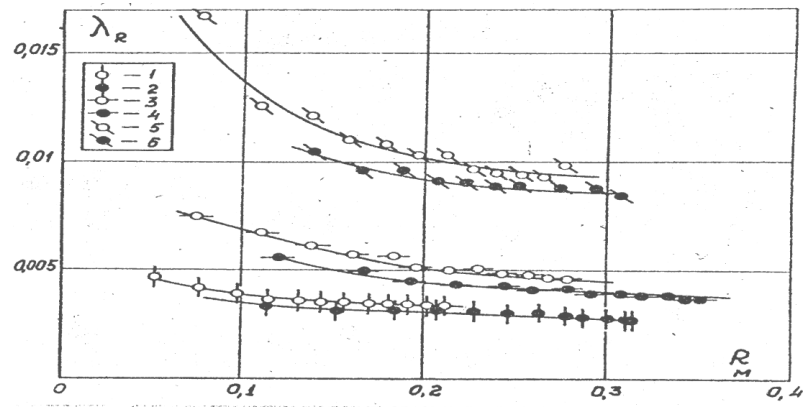


Рис.2. Зависимость λ_R от R .

1.2 – опыты Базена, серия № 2, 24, прямоугольный и полуциркульный каналы, поверхность дна и стенок каналов – гладкий бетон, 3, 4 – то же, серии № 6, 26, прямоугольный и полуциркульный каналы, поверхность дна и стенок каналов – доски, 5,6 – то же, серии № 4,27, прямоугольный и полуциркульный каналы, поверхность дна и стенок каналов – гравий $d = 0.1-0,02$ м.

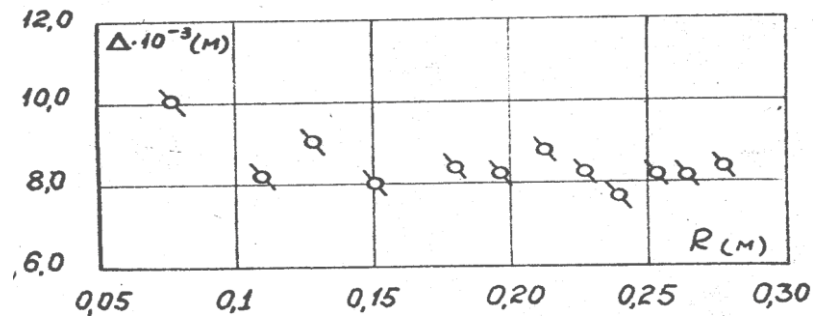


Рис.3. Зависимость $\Delta = f (R)$.

Опыты Базена, серия № 4, прямоугольный канал, поверхность дна и стенок – гравий, $d = 0,01-0,02$ м , $V = 1,832$ м , $i = 4.9 \cdot 10^{-3}$

При этом, сопоставление значений высоты выступов абсолютной эквивалентной шероховатости для рассматриваемых безнапорных машинных и деривационных каналов и в частности, каналов прямоугольного поперечного сечения, вычисляемых как в предположении, что шероховатость их стен равнозернистая, так и в предположении, что шероховатость их образовано выступами разных размеров, свидетельствует скорее о справедливости второго предположения. Средние значения высоты выступов эквивалентной шероховатости для каналов прямоугольного поперечного сечения определялись по интерполяционной формуле [8,9]:

$$1/\sqrt{\lambda_R} = 4.06 \lg [11,03(3.3/\text{Re}_{*R} + \Delta_s / R)] \quad (1)$$

При этом принималось, что значения Δ_s , полученные при наибольших для данных каналов соотношениях Δ/R , соответствуют плоскому потоку. Значение Δ_s , соответствующее прямоугольному каналу бесконечной ширины, можно определять и по зависимости Х.Вагнера [1]. Кроме того предполагалось, что эффект формы поперечного

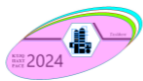
сечения проявляется только во втором члене знаменателя указанной формулы (1). При одних и тех же значениях R , величина λ для канала полуциркульного поперечного сечения может быть меньше, чем для канала прямоугольного сечения, примерно в 1.3 раза. Если в некотором диапазоне чисел Рейнольдса на графике, выражающем зависимость между λ_R , Re_R провести соответствующие кривые для канала весьма широкого прямоугольного сечения; для канала прямоугольного сечения конечной ширины, а также для каналов трапецидального, треугольного и полуциркульного сечения, имеющих одинаковый уклон и одинаковую шероховатость смоченной поверхности, то окажется, что указанные кривые на рассматриваемом графике расположатся сверху вниз в следующем порядке: весьма широкий канал, а затем каналы прямоугольного, трапецидального, треугольного и полуциркульного поперечного сечения. Соответствующие кривые зависимости λ_R от числа Re_R при этом будут проходить, примерно, параллельно кривой, отражающей закон «гладкого сопротивления». Уместно заметить, что указанный порядок расположения кривых зависимостей λ_R от числа Рейнольдса Re_R существенно изменится, а вместе с этим изменится и вид самих кривых, если, например, величину λ (коэффициент гидравлического трения) относить не к гидравлическому радиусу R , а к наибольшей глубине h в канале, т.е. вычислить величину λ_h и число Рейнольдса $Re_h = v h / \nu$.

Выводы и рекомендация: Из рассмотрения собранных экспериментальных данных о потерях в вышеназванных безнапорных каналах следует, что для нескольких каналов с различными формами поперечного сечения, но с одинаковыми уклонами и одинаковой шероховатостью смоченной поверхности, кривые на графике ($Re_R = gR/\nu$, $\lambda_R = 2g_*^2 / g^2$) будут располагаться в следующем порядке (сверху – вниз); весьма широкий канал прямоугольного сечения, относительно неширокий канал прямоугольного поперечного сечения, каналы трапецидального и треугольного сечения, канал полуциркульного поперечного сечения.

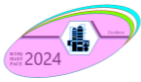
2. Величина коэффициента гидравлического трения λ_R для весьма широкого канала или канала прямоугольного поперечного сечения при прочих равных условиях сказывается больше, чем для канала трапецидального или полуциркульного сечения. Соответствующие кривые зависимости λ_R от числа Re_R проходят при этом, примерно, параллельно кривой, полученной для закона «гладкого сопротивления».

Литература

1. B.Uralov, S. Xidirov, B. Matyakubov River channel deformations in the area of damless water Intake. To cite this article: Bakhtiyar Uralov *et al* 2020 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 869 072014 FORM-2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 869 (2020) 072014 IOP Publishing, doi:10.1088/1757899X/869/7/072014 .1-11pp. www.scopus.com
2. B.Uralov, D.Saidkhodjaeva, U. Kurbonova. Influence of the shape of the pressureless trapezoidal channel and roughness on the pressure loss of the machine channels of the pumping. To cite this article: B. Uralov *et al* 2020 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 883 012012 View CONMECHYDRO – 2020. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020)012012 IOP Publishing doi:10.1088/1757899X/883/1/012012-8pp. www.scopus.com
3. B.Uralov, K. Isabaev, F. Jamolov. The influence of the shape the living section of the pressureless machine channel and the roughness of its wetted surface on the hydraulic resistance. To cite this article: B Uralov *et al* 2020 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 883 012006 View CONMECHYDRO – 2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012006 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/883/1/012006 1-8 pp. www.scopus.com



4. B.Uralov, Sanatjon Khidirov, Fotima Artykbekova, Bobur Shodiev. The influence of the roughness and shape of the canals on trapezoidal channels on the pressure loss of the hydropower structures. International Conference Sustainable Energy Systems: Lecture Notes in Civil Engineering, 05 february 2021: link [springer.com/chapter/101007/978-3-330-67654-4_5](https://www.springer.com/chapter/101007/978-3-330-67654-4_5) LNCE, volume 141, pp.35-46. www.scopus.com
5. B.Uralov, N.Rakhmatov S.Khidirov. Hydraulic modes of damless water intake. \ IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012123 doi: 10.1088/1757-899X/1030/1/0121231 pp.1-7. www.scopus.com
6. B.Uralov, M.Mamajanov, Marina Li. Substantiation of the influence of the channel shape and the roughness of machine canals on the pressure loss of irrigation pumping stations. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012148 doi: 10.1088/1757-899X/1030/1/012148 pp.1-17. www.scopus.com.
7. B.Uralov¹, K. Isabaev, F. Jamolov, M. Akhmadi and M. Mirzaev. The influence of the shape the living section of the pressureless machine channel and the roughness of its wetted surface on the hydraulic resistance. View CONMECHYDRO – 2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012006 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/883/1/012006. pp. 1-8. www.scopus.com
8. Uralov B., Eshev S., Khakimova G., Mutalov Sh., Raimova I., Arzieva D., Salimbayev M. Method for determining optimal overhaul service of centrifugal and axial pumps. In E3S Web of Conferences, Vol. 401, p. 01052. (2023).



РЕШЕНИЕ ОТХОДОВ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ШЁЛКА ИЗ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА И СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

¹Эшманова М.Б., ²Межлумян. Л. Г. ¹Бобаев И.Д

Ташкентский химико-технологический институт
Институт химии растительных веществ им. акад. С.Ю.Юнусова АН РУз,
100170, Ташкент, ул. М. Улугбека, 77, факс (99871) 1206475

Аннотация: Сегодня в нашей Республике и в других странах идёт бурное развитие во всех сферах производства. Если взять сферу текстильного и пищевого производства, потребительские нужды растут все больше и больше. Одежда и питание становится широкомасштабным и повседневым запросом по всему миру. Кроме того, возникают проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды и отходами. Для решения этой ситуации, проводятся много исследований для переработки отходов и получения новых открытий в сфере биотехнологии.

Ключевые слова: Bombyx mori, шелкопряд, фармацевтика, отходы, исследования, очистка белков, аминокислотный состав, лабораторные анализы.

На сегодняшний день шелководческая отрасль в Узбекистане совершенствуется из года в год. В последние годы, на производство текстильных материалов и изделий из шёлка требования всё больше растут. И учитывая эти требования были созданы постановления Президента Республики Узбекистан Ш. Мирзиёев. ПП73-24февраля 2023г “О мерах по дальнейшему развитию шёлковой отрасли”. Для качественного получения сортов шёлка были использованы новые виды тутового шелкопряда (Bombyx mori). Но после получения хорошего сорта шёлка, 50% использованного сырья уходит в отход. Большинство отходов связано с остатками гусениц тутового шелкопряда. То есть во время извлечения шёлковых нитей из кокона, шелкопряд остаётся как ненужный отход, который выбрасывают.

Для решения этих проблем были проведены несколько экспериментов для изучения состава самого тутового шелкопряда, потому что как нам известно, множество исследований были проведены по изучению состава отходов шёлка. Потому что состав самих отходов переработки шёлка имеют два белка (серицит и фиброин)¹. Уже имеются информации на счёт экспериментов куколок тутового шелкопряда. Но есть и другие моменты обращения и изучения самого шелкопряда, то есть гусениц.

В основной фазе получения нитей шёлка важную роль играют размножение и создание тонких нитей гусеницами шелкопряда. Интересным вопросом было, то, что состав нитей шёлка необычный, а производитель этих нитей тоже может иметь такие особенности?!

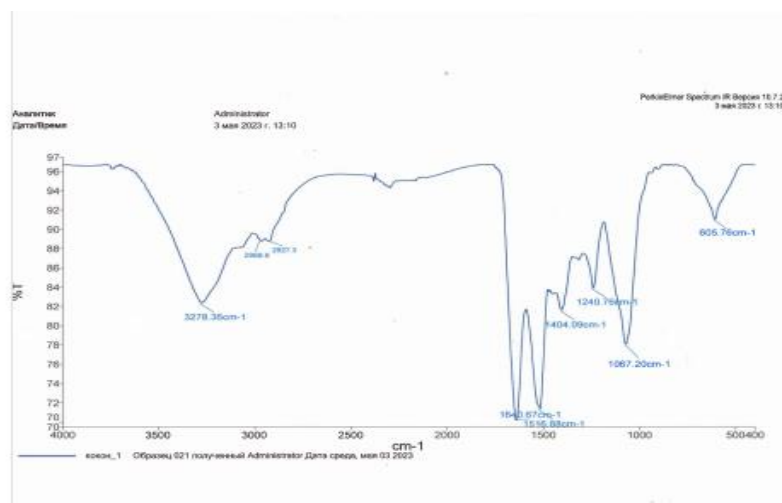
При изучении самих гусениц шелкопряда были проведены ряд экспериментов: Для характеристики полученных суммарных белков использовали метод электрофореза в 12% полиакриламидном геле. Кроме того, методом электрофореза в ПААГ определили, что фермент папаи расщепляет высомолекулярные белки тутового шелкопряда до низкомолекулярных белков, пептидов и аминокислот

В ходе научных исследований было проведено выделение, очистка и характеристика белков из тутового шелкопряда Bombyx mori . Выделение и очистка включали следующие этапы: экстракция с помощью гидроксида натрия, центрифугирование на рефрижераторной

центрифуге, осаждение с помощью сухой соли сульфатом аммония, центрифугирование, диализ в проточной воде, лиофилизация обессоленного белкового раствора [2].

Полученный белок характеризовали с помощью физико-химических методов анализа. Методом ИК спектрального анализа, а также методом электрофореза в полиакриламидном геле (ПААГ) [3-4]

ИК спектры белковых компонентов снимали в ИК-Фурье спектрофотометре фирмы Perkin-Elmer 2000 в таблетках с KBr. В ИК спектре белка наблюдали интенсивность полос поглощения в области 3278 см^{-1} , соответствующей валентным колебаниям гидроксильных групп, а также интенсивность полосы поглощения в области $1510\text{-}1640\text{ см}^{-1}$, относящейся к деформационным колебаниям аминогрупп [5].

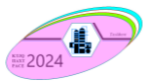


Установлено, что ферменты папайя расщепляют полученный белок на мелкие структурные фракции (пептиды, аминокислоты). Ферментативный гидролиз имеет огромные преимущества перед щелочным и кислотным гидролизом белков тутового шелкопряда в целях получения белковых гидролизатов.

Кроме того, задействован и экономический эффект получения белкового гидролизата, так как использованный фермент производится в Узбекистане.

Провели выделение и очистку белков из тутового шелкопряда. Получены ИК спектры белков, а также результаты их электрофореза в 12% ПААГ. Установили, что ферменты папайи расщепляют белки тутового шелкопряда на низкомолекулярные структурные фрагменты. Также было выполнено исследование по аминокислотному составу тутового шелкопряда.

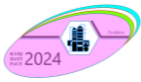
Выделение свободных аминокислот. Осаждение белков и пептидов водного экстракта образцов проводили в центрифужных стаканах. Для этого к 1 мл исследуемому образцу добавляли по 1 мл (точный объем) 20% ТХУК. Через 10 мин осадок отделяли центрифугированием при 8000 об/мин в течение 15 минут. Отделив 0,1 мл над осадочной жидкостью, лиофильно высушивали. Гидролизат упаривали, сухой остаток растворяли в смеси триэтиламин-ацетонитрил-вода (1:7:1) и высушивали. Эту операцию повторяли дважды для нейтрализации кислоты. Реакцией с фенолтиоизоцианатом получали фенолтиокарбамил-производные (ФТК) аминокислот по методу Steven A., Cohen Davidel. Идентификацию производных аминокислот от проводили методом ВЭЖХ. Условия ВЭЖХ: хроматограф Agilent Technologies 1200 с DAD детектором, колонке 75x4.6 mm Discovery HS C₁₈. Раствор А: 0,14М CH₃COONa + 0,05% ТЭА pH 6,4, В:CH₃CN. Скорость



потока 1,2 мл/мин, поглощение 269нм. Градиент %В/мин: 1-6%/0-2.5мин; 6-30%/2.51-40мин; 30-60%/40,1-45мин; 60-60%/45,1-50мин; 60-0%/50,1-55мин.

Аминокислотный состав белкового гидролизата тутового шелкопряда

| Название аминокислотных групп | Концентрация мг/гр |
|-------------------------------|--------------------|
| | |
| Аспарагиновая к-та | 75,5762 |
| Глутаминовая к-та | 63,00757 |
| Серин | 84,69308 |
| Глицин | 64,99237 |
| Аспарагин | 0 |
| Глутамин | 0 |
| Цистеин | 34,70492 |
| Треонин * | 58,47752 |
| Аргинин | 72,5672 |
| Аланин | 18,40421 |
| Пролин | 42,42167 |
| Тирозин | 54,08715 |
| Валин* | 37,38826 |
| Метионин* | 26,61341 |
| Гистидин * | 74,27974 |
| Изолейцин* | 16,87548 |
| Лейцин* | 47,89965 |
| Триптофан | 0 |
| Фенилаланин* | 25,54915 |
| Лизин* | 5,975952 |
| Суммарный белок | 803,5135 |



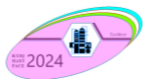
Как видно из таблицы аминокислотный состав белка тутового шелкопряда содержит в своем составе не заменимых аминокислот: **треонин; валин; метионин; гистидин; изолейцин; лейцин; фенилаланин; лизин.**

А также сбалансирован по заменимым аминокислотам: **аспарагиновая к-та; глутаминовая к-та; серин; глицин; аспарагин; глутамин; цистеин; аргинин; аланин; пролин; тирозин; триптофан.**

Таким образом разработали метод выделения и очистки белков из тутового шелкопряда и установили его физико-химические параметры используя современные методы белковой химии. Разработанный метод отличается от существующих тем, что белковый гидролизат получали ферментативным методом.

Литература

1. А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош, *Методы биохимического исследования растений, Агропромиздат, Ленинград, 1987, 430*
2. M.V. Carranza-Oropeza, A.W. Sherrill, J.R. Sander, *J. Appl. Polym. Sci.*, **133**(40), 44063 (2016)
3. X. Wu, H. Koiwa, *Anal Biochem.* **421**(1), 347 (2012)
4. А. В. Васильев, Е. В. Гриненко, А. О. Щукин, Т. Г. Федулina *Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений Санкт-Петербург 2007 - с 30.*



МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ДЛЯ ПОДОГРЕВА РАБОЧЕЙ СМЕСИ НЕФТЕПЕРЕГОННОЙ УСТАНОВКИ

Рахимджанова Ш.С.¹, Худайбердиев А.А.², Нодирхонова С.И.³.

¹ Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан,
E-mail: shaku.76@mail.ru orcid. 0000-0002-6163-5988, тел+998909401863

² д.т.н., проф. Наманганского инженерно-технологического института, Наманган, Узбекистан.

E-mail: jarayon@mail.ru orcid. 0000-0001-5212-3588 Тел.: +998991172857.

³ Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан, E-mail: nodirhonovasaida@gmail.com
orcid. 0009-0000-3745-5648 тел. 998903499330

Аннотация. В целях обеспечения полного удовлетворения потребностей экономики в энергоресурсах, финансового оздоровления предприятий [1], Республика Узбекистан, в рамках соглашений, подписанных нефтяными компаниями, с 2019 года начала модернизацию предприятий нефтегазовой отрасли промышленности. Осуществляемая широкомасштабная реконструкция нефтеперерабатывающих заводов и введение мощностей по переработке тяжелого нефтяного сырья и производственных отходов серьезно изменяет структуру топливно-энергетического комплекса (ТЭК). В статье рассмотрены одни из методов решения проблем современной энергетики, предлагаются пути их решений. В данном направлении, разработано технологическое решение осуществляемое путем подбора (замены) теплообменников по типу и величине поверхности теплопередачи, способствующее увеличению тепловой эффективности теплообменников I стадии тепловой подготовки нефтегазоконденсатной смеси к перегонке Бухарского НПЗ, позволяющая определить оптимальные пределы технологических и гидродинамических режимов нагревания.

Ключевые слова: теплообменник, нефтегазоконденсатная смесь, дистилляты фракций, подогрев, тепловая мощность, поверхность теплопередачи, гидравлическое сопротивление, критерий эффективности.

METHODOLOGY FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGERS FOR HEATING THE WORKING MIXTURE OF AN OIL REFINERY INSTALLATION

Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan. 41, Mirzo-Ulugbek str. E-mail:
shaku.76@mail.ru.

² prof. Namangan Institute of Engineering and Technology, Namangan, Uzbekistan. E-mail: jarayon@mail.ru.

³Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan. 41, Mirzo-Ulugbek str. E-mail:
nodirhonovasaida@gmail.com

Abstract. In order to ensure full satisfaction of the needs of the economy in energy resources, financial recovery of oil and gas enterprises, Uzbek oil refining, within the framework of agreements signed by oil companies, has begun a period of modernization and efficiency of the oil and gas industry since 2019. The ongoing large-scale reconstruction of oil refineries and the introduction of heavy oil residue processing facilities are seriously changing the structure of the fuel and energy complex. The article discusses some of the methods of solving the problems of modern energy, suggests ways to solve them. In this direction, a technological solution has been developed by selecting (replacing) heat exchangers according to the type and size of the heat transfer surface, which helps to increase the thermal efficiency of heat exchangers of the first stage of thermal preparation of the oil and gas condensate mixture for distillation at the Bukhara refinery, allowing to determine the optimal limits of technological and hydrodynamic heating modes.

Keywords: : heat exchanger, efficiency, hydraulic resistance, oil and gas condensate mixture, hydrodynamic performance, fuel fraction distillates.

Как известно, процессы тепловой подготовки (подогрева) углеводородного сырья к перегонке при конденсации паров и охлаждения дистиллятов топливных фракций проводится в трубчатых теплообменных аппаратах. Последние характеризуются большими массо- и габаритными параметрами (диаметр корпуса - 0,63÷1,8 м, рабочая длина трубок - 5÷10,6 м, масса - до 35÷40 т) и сравнительно низкой тепловой эффективностью,

обусловленными меньшими значениями в них коэффициента теплопередачи ($50 \div 100 \text{ Вт/м}^2\text{К}$);

Оценка эффективности работы трубчатых теплообменников для подогрева нефтегазоконденсатной смеси нефтеперегонной установки Бухарского НПЗ произведена путем сравнительного анализа их гидравлических и тепловых показателей.

Тепловые показатели аппаратов определены на основе расчета теплового баланса процессов подогрева смеси, в соответствии с регламентом работы нефтеперегонной установки Бухарского НПЗ [2].

Для оценки гидравлических показателей аппаратов теплообменников I этапа предварительного подогрева нефтегазоконденсатной смеси использованы результаты исследования [3] по определению гидравлического сопротивления аппаратов данного блока и потребной мощности насоса для перекачки сырья на основе данных, снятые в ходе работы установки, учитывая технические характеристики аппаратов (см. таблицу 1).

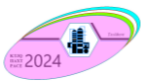
Таблица 1

Основные технические, технологические и гидродинамические показатели теплообменников 10E-01÷10E-08 Бухарского НПЗ

| Обозначение аппарата | Перепад температуры потоков Δt , °С | | Поверхность подогрева F_{cp} , м ² [1] | Гидравлическое сопротивление ΔP , кПа [2] | Потребляемая мощность N , кВт/ч [2] |
|----------------------|---|---------------|--|--|--|
| | смеси | теплоносителя | | | |
| 10E-01 | 5,6 | 22,4 | 97,6 | 102,3 | 4,25 |
| 10E-02 | 23,4 | 2,7 | 196,7 | 186,8 | 7,75 |
| 10E-03 | 47 | 13 | 468,8 | 233 | 9,7 |
| 10E-04 | 15,6 | 23 | 273 | 484,7 | 20,1 |
| 10E-05 | 8 | 13,2 | 113,6 | 1106,3 | 46,08 |
| 10E-06 | 6,6 | 22,5 | 192 | 676,4 | 28,16 |
| 10E-07 | 16 | 4 | 222 | 608,2 | 25,33 |
| 10E-08 | 7,3 | 72,4 | 218 | 613,7 | 25,54 |
| Σ | | | 1781,7 | 4011,4 | 166,91 |

Как видно из материалов таблицы 1, что общее гидравлическое сопротивление данного блока теплообменников составляет 4011,4 кПа, а общая потребная мощность насоса для перекачки рабочей смеси через последовательно соединенных теплообменников составляет 166,91 кВт.

Анализируя материалов таблицы можно увидеть, что в настоящее время теплообменники данного блока 10E-01, 10E-05, 10E-06 и 10E-08, эксплуатируются с низкой тепловой эффективностью, где рабочая смесь подогревается менее чем на 10 °С



(соответственно, 5,6, 8, 6,6 и 7,3 °С). При этом для преодоления гидравлического сопротивления аппаратов и перекачки по ним рабочей смеси потребуется существенный расход мощности - 104,03 (соответственно 4.25, 46.08, 28.16 и 25.54) кВт/ч.

С другой стороны, охлаждение горячих потоков фракций, что является основной технологической целью процесса, происходит заметными темпами в аппаратах 10E-01 (22 °С), 10E-04 (23 °С), 10E-06 (22,5 °С) и 10E-08 (72,4 °С) при общем расходе мощности 78,05 (соответственно 4.25, 20.1, 28.16 и 25.54) кВт/ч.

Следовательно, выбрать теплообменник, в котором осуществляется высокий подогрев смеси при интенсивном темпе охлаждения потоков дистиллятов фракций с минимальным расходом мощности затруднительно.

В связи с этим, для оценки работы теплообменников данного блока в качестве критерия эффективности предлагаем применить безразмерную величину Q/N .

Учитывая неодинаковую величину поверхности теплообмена аппаратов данного блока при неизменной их производительности (150 м³/ч) считаем более целесообразным применить удельную величину этого критерия - $Q/(NF)$.

Ниже рассмотрим методику применения данного критерия для оценки эффективности работы теплообменников блока I этапа предварительного подогрева нефтегазоконденсатной смеси нефтеперегонной установки НПЗ.

Как было отмечено выше, для подогрева нефтяного сырья в НПЗ используются технологические потоки паров и горячих дистиллятов топливных фракций [4-8].

Теплота охлаждаемых паров нефтяных фракций определяется по выражению

$$Q_{ГК} = G_{П} (i_{П.ВХ} - i_{П.ВЫХ}), \quad (1)$$

где $G_{П}$ - расход пара, греющего рабочей смеси, кг/с; $i_{П.ВХ}$ и $i_{П.ВЫХ}$ - энтальпия охлаждаемых паров фракций на входе и выходе теплообменника, кДж/кг.

Теплота горячих потоков дистиллятов фракций, расходуемого для подогрева нефтегазоконденсатной смеси, определяется аналогическим образом:

$$Q_{Ж} = G_{Д} (i_{Д1} - i_{Д2}), \quad (2)$$

где $G_{Д}$ - расход потока жидкого дистиллята, кг/с; $i_{Д1}$ и $i_{Д2}$ - энтальпия горячего и охлажденного в аппарате потока дистиллята при температурах $t_{Д1}$ и $t_{Д2}$. кДж/кг.

Энтальпия горячих технологических потоков зависит от их температуры и физического состояния.

Удельная энтальпия потоков дистиллятов фракций в жидкой фазе $i_T^Ж$ (кДж/кг), в зависимости от их температуры T и относительной плотности ρ_{15}^{15} , рассчитана по формуле Крега [4,5,7]:

$$i_T^Ж = \frac{1}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}} (0,0017T^2 + 0,7615 \cdot T - 334,25). \quad (3)$$

где ρ_{15}^{15} - относительная плотность греющего теплоносителя, керосина - 0,7791; легкого газойля - 0,8078; тяжелого газойля - 0,8398; мазута - 0,9429.

Энтальпия нефтяных паров фракций $q_T^П$ (кДж/кг), в зависимости от их температуры T , рассчитано по формуле Уэйра и Итона [4,5,7]:

$$q_T^П = (129,28 + 0,136T + 0,000586T^2)(4 - \rho_{15}^{15}) - 309,0, \quad (4)$$

где ρ_{15}^{15} - относительная плотность паров тяжелой нефти верха ректификационной колонны 10С02 - 0,7360; паров легкой нефти колонны предварительного фракционирования сырья 10С01 - 0,6495 [8,9].

Для расчета энтальпия технологических потоков использованы результаты исследований [3,8,9] по определению молекулярной массы M , характеристического

фактора K , относительных плотностей ρ_4^{20} и ρ_{15}^{15} и средне-молекулярной температуры кипения $T_{\text{ср.мол}}$ нефтегазоконденсатной смеси и дистиллятов топливных фракций.

Расходы греющих потоков дистиллятов фракций приняты из расчета теплового баланса колонны ректификационной колонны 10С02.

Результаты расчетов тепловых и гидравлических показателей работы теплообменников нефтеперегонной установки 10С02 при расходе нефтегазоконденсатной смеси $G = 105508$ кг/ч приведены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели эффективности работы теплообменников нефтеперегонной установки 10С02 Бухарского НПЗ при расходе смеси $G = 105508$ кг/ч

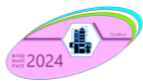
| Поверхность теплообмена | | Температура, °С | | | | Вид и расход греющего теплоносителя | | Q , кВт | N , кВт | Значение критерия | |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------------|--------|-----------|-----------|-------------------|----------|
| Литера | $F_{\text{ср}}$, м ² | сырья | | теплоносителя | | вид* | расход | | | Q/N | $Q/(NF)$ |
| | | $t_{\text{н}}$ | $t_{\text{к}}$ | $t_{\text{н}}$ | $t_{\text{к}}$ | | | | | | |
| 10E-01 | 97,6 | 20 | 25,6 | 125,6 | 103,2 | 1 | 15475 | 226,8 | 4,3 | 53,4 | 0,547 |
| 10E-02 | 196,7 | 25,6 | 49 | 148,7 | 146 | 2 | 80372 | 125,4 | 7,8 | 16,2 | 0,082 |
| 10E-03 | 468,8 | 49,1 | 96,1 | 165 | 152 | 3 | 61898 | 468,3 | 9,7 | 48,3 | 0,103 |
| 10E-04 | 273 | 96,1 | 111,7 | 137 | 114 | 4 | 18474 | 238,6 | 20,1 | 11,9 | 0,044 |
| 10E-05 | 113,6 | 111,7 | 119,7 | 138,8 | 125,6 | 1 | 15475 | 137,6 | 46,1 | 3,0 | 0,026 |
| 10E-06 | 192 | 119,7 | 126,3 | 159,4 | 136,9 | 5 | 18991 | 286,9 | 28,2 | 10,2 | 0,053 |
| 10E-07 | 222 | 126,3 | 142,3 | 171 | 167 | 6 | 15475 | 44,1 | 25,3 | 1,7 | 0,008 |
| 10E-08 | 218 | 142,3 | 150 | 257,7 | 185,3 | 7 | 9144 | 462,8 | 25,5 | 18,1 | 0,083 |
| Σ | 1782 | | | | | | | 1990,4 | 167 | 11,9 | |

*теплоносители: 1 - керосин; 2 - пары общей нефти; 3 - пары тяжелой нефти 10С02; 4 - пары легкой нефти 10С01; 5 - общий газойл; 6 - керосин ЦО; 7 – мазут.

Оценка эффективности работы трубчатых теплообменников для подогрева нефтегазоконденсатной смеси перегонной установки произведена путем сравнительного анализа их гидравлических и тепловых показателей.

В качестве критерия упрощения (изменения) состава технологической линии теплообменников-подогревателей сырья можно принимать соотношения:

$$\theta = (Q/N)_{\text{то}} / \Sigma(Q/N)_{\text{то}} = [(Q/N)_{\text{ап}} / (Q/N)_{\text{лин}}] 100 \% \leq \varepsilon, \quad (5)$$



где где Q - тепловая нагрузка, кВт; N - потребляемая мощность насоса для перекачки нефтегазоконденсатной смеси, кВт. $(Q/N)_{то}$ - эффективность теплообменника; $\Sigma(Q/N)_{то}$ или $(Q/N)_{лин}$ - суммарная эффективность аппаратов технологической линии; ε_{τ} - устанавливаемая наименьшая величина по θ .

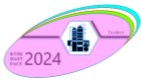
Анализ материалов табл. 2 показывает, что теплообменники 10E-05 и 10E-07 нефтеперегонной установки 10C02 имеют низкий коэффициент эффективности по критерию Q/N (соответственно 2,985 и 1,7418) по сравнению с значением $Q/N_{лин}$ (11,926). Это объясняется тем, что в теплообменнике 10E-05, имеющей поверхность нагрева 113,6 м², рабочая смесь подогревается всего на 2 °С, а в аппарате 10E-07 с поверхностью нагрева 222 м², перепад температуры греющего потока керосина составляет 4 °С. При этом, расход мощности для перекачки смеси в этих аппаратах составляет 46,08 и 25,33 кВт.

Для улучшения организации процесса в этих теплообменниках 10E-05 и 10E-07 рекомендуем сократить их поверхности нагрева на 56,7 и 50 %. Возможно и другая рекомендация об исключении этих аппаратов из технологической схемы блока теплообменников I этапа предварительного подогрева сырья в нефтеперегонной установки и взамен их вмонтировать другой аппарат с оптимальной поверхностью нагрева 160 м². При этом вид греющего теплоносителя - поток керосина и общая тепловая нагрузка аппаратов останется неизменными.

Таким образом, предложенное, технологическое решение осуществляемое путем подбора (замены) теплообменников по типу и величине поверхности теплопередачи, способствует увеличению тепловой эффективности теплообменников I стадии тепловой подготовки нефтегазоконденсатной смеси к перегонке, оптимальному сокращению числа аппаратов в линии на основе проверочных расчетов и снижению расхода электроэнергии на процесс.

Использованная литература:

1. Постановление Президента Республики Узбекистан, от 04.04.2020 г. № ПП-4664.
2. Технологический регламент установки атмосферной перегонки смеси газоконденсата и нефти и фракционирования гидроочищенной нефти (установка 10) Бухарского НПЗ. - TR 16472899-001: 2009.
3. Исмаилов О.Ю. Суюк углеводород оқимларининг гидродинамик режимларини кувурли қурилмаларда қиздириш жараёни самарадорлигига таъсири. Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати. - Тошкент, ТКТИ, 2018. - 45 б.
4. Худайбердиев А.А. Интенсификация подогрева нефтяного сырья. Монография. - Ташкент: Navtoz, 2019. - 213 с.
5. Глаголева О.Ф., Капустин В.М., Гюльмисарян Т.Г. и др. Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть I. Первичная переработка нефти /Под ред. О.Ф. Глаголевой и В.М. Капустина. - М.: Химия, КолосС, 2006. - 400 с.
6. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа. Учебное пособие для вузов. 2-е изд. - М.: Химия, 2001. - 568 с.
- Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. - СПб: Недра, 2013. - 544 с.
8. **Ахметов С.А., Сериков Т.П., Кузеев И.Р., Баязитов И.М. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: учебное пособие/ Под ред. С.А. Ахметова. - СПб.: Недра, 2006. - 868 с.**
9. Худайбердиев А.А., Раджибаев Д.П. Первичная перегонка нефтегазо-конденсатных смесей парами углеводородного сырья. Монография. - Наманган: Аржуманд медиа, 2022. - 143 с.
10. Раджибоев Д.П., Худайбердиев А.А., Рахимджанова Ш.С., Кучкарова Д.И. Анализ плотности и вязкости дистиллятов фракций, образованные при перегонке нефтегазоконденсатных смесей углеводородными парами/ Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2021. 6(87). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11913>. - p. 81-87.



УТИЛИЗАЦИЯ СБРОСНОЙ ТЕПЛОТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ И ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ КОМБИНИРОВАНИЕ

Муродов С.Ш.¹, Садиев А.А.², Кучинов Х.А.³, Ташбаев Н.Т.⁴,

¹TashGTU им И.Каримова, инженер Межвузовского НИИЦ, e-mail: murodov.sobir@internet.ru,
orcid: 0009-0006-9155-0367;

²TashGTU им И.Каримова, с.н.с. Центра «Промышленный энергоаудит», e-mail: a.sadiyev@tdtu.uz,
orcid: 0000-0002-2077-2310;

³TashGTU им И.Каримова, с.н.с. Центра «Промышленный энергоаудит», e-mail: stels2112@mail.ru,
orcid: 0000-0001-5370-8369;

⁴TashGTU им И.Каримова, доц. каф. «Промышленная теплоэнергетика», e-mail: confgtu@mail.ru;
orcid: 0000-0002-5258-9692;

Современные дугосталеплавильные печи (ДСП) характеризуются высокой энергоёмкостью, низким коэффициентом использования подводимой энергии, и как следствие высокими тепловыми выбросами. Несмотря на достижение предельно высокого уровня совершенствования конструктивных и технологических решений, направленных на сокращение затрат энергии на выплавку стали в ДСП, вопрос приемлемой системы охлаждения, позволяющей утилизировать вторичные энергоресурсы (ВЭР) в виде высокопотенциального тепла отходящих газов, остается актуальным. Следует отметить, что при объеме до 300,0 тыс. м³/ч энергетический потенциал ВЭР отходящих газов может составлять более 30 % подведенной в ДСП первичной энергии, а их температура достигает 1500 °С [1, 2].

Традиционный способ охлаждения и очистки отходящих газов ДСП, в большинстве электросталеплавильных заводах, имеет ряд существенных недостатков, к основным из которых следует отнести: – не утилизируется тепло, содержащееся в отходящих из печи газах; – для обеспечения максимально допустимой температуры газа перед рукавными фильтрами (до 120°С) требуется подмес больших объёмов воздуха с неорганизованными выбросами, т.е. увеличивается конечный объем требуемого к очищению газа. Соответственно увеличиваются габариты газопроводов, увеличиваются капитальные затраты на их сооружение и эксплуатацию, увеличивается расход электроэнергии, объем матерчатого фильтра и др [3].

Следует отметить, что при выборе системы охлаждения с утилизацией ВЭР дугосталеплавильных печей, необходимо учитывать не только возможность эффективного использования первичной энергии, но и задачи интенсификации технологического процесса, защиту окружающей среды от загрязнения технологическими выбросами, а также повышение экономичности металлургического производства в целом.

Поставленные критерии достигаются при утилизации ВЭР в системах, основанных на принципах энерготехнологического комбинирования, устанавливающие тесную взаимосвязь между технологической и энергетической частями процесса: технологическая часть работает в режиме, направленном на улучшение основных показателей энергетической части, а энергетическая часть оказывает влияние на повышение энергоэффективных показателей технологической установки.

В настоящее время, все более широкое применение находит способ охлаждения, использующий скрытую теплоту перехода охлаждающей среды из жидкой в газовую фазу [4, 5]. Такой способ охлаждения впервые был предложен советскими инженерами С.М. Андоньевым и Г.Е. Крушелем для охлаждения деталей мартеновских печей и называется Системой испарительного охлаждения (СИО) и до настоящего времени не теряет свою значимость. Преимущества СИО от других способов неоднократно подчёркиваются в работах ряда авторов [1, 3-6]. Основные параметры действующих СИО отходящих технологических газов ДСП и их компьютерных моделей приведены в таблице 1.

Внедрение СИО отходящих газов ДСП, вместимостью 120 т позволяет сократить расход первичных энергоресурсов в количестве ~20 тыс. т.у.т., исключить выбросы парниковых

газов в количестве ~70 тыс. т в год, снизить расход электроэнергии на очистку и охлаждение технологических газов на ~25%.

Водяной пар, полученный СИО отходящих газов ДСП можно использовать для решения множества внутризаводских задач. Следует также отметить, что в зависимости от возможности практического использования, различные виды энергии и формы её проявления имеют неодинаковую энергетическую ценность. Наибольшей энергетической ценностью обладает электрическая энергия, следующая – механическая, так как в обратимом процессе их можно преобразовать в эквивалентном количестве в другой вид. Следовательно, при анализе технологических процессов, протекающих с использованием или выделением теплоты необходимо выявлять все возможные способы аккумуляции и преобразования теплоты и выработки на её основе энергии с высокой энергетической ценностью [8].

Таблица 1

Основные параметры действующих СИО отходящих из ДСП технологических газов, а также их компьютерных моделей

| Наименование параметра | Действующая СИО | | Компьютерная модель | | Наименование параметра | Действующая СИО | | Компьютерная модель | |
|-------------------------------------|-----------------|----------|---------------------|-----|---|-----------------|--------|---------------------|-------|
| | [1, 4, 5] | [1, 5] | [6] | [7] | | [1, 4, 5] | [1, 5] | [6] | [7] |
| Производительность печи, т/ч | 40 | 33 | 20 | 20 | Выработка пара за время работы под током, т/ч | 28,5 | 40,8 | н.д. | 26-31 |
| Мощность утилизируемой энергии, МВт | 18,8 | 25,3 | .д. | .д. | Выработка пара за время выплавки металла, т/ч | 21 | 29 | 8,4-14,4 | 8-10 |
| Эффективность системы ИО, % | 42 | 84 | /- | /- | Буферный запас пара, т | 12 | 5 | 2-6 | н.д. |
| Температура пара, °С | 16 | 50 / 228 | /- | 03 | Температура газов после системы ИО, °С | ~650 | ~200 | н.д. | /- |
| Давление пара, бар | 3-20,5 | 7-35 | /- | 6,0 | Выработка пара за время работы под током, т/ч | 28,5 | 40,8 | /- | 26-31 |

Одним из способов использования низкопотенциального пара СИО является выработка электроэнергии по традиционному термодинамическому циклу Ренкина (ТЦР). Однако, в этом случае надо учитывать относительно низкий к.п.д. преобразования при малых мощностях, а также очень большие инвестиции на внедрение [6, 9]. Исследования показывают, что наиболее энергоэффективными и экологически безопасными при малых мощностях генерации энергии являются установки на основе органического цикла Ренкина (ОЦР) и паровинтовые машины (ПВМ). Подробное описание установок ОЦР и ПВМ приведено в работах [10-13].

В настоящее время существует тенденция увеличения применения установок ОЦР в области утилизации сбросной теплоты металлургического производства, и имеются примеры успешной эксплуатации ОЦР-установки на отходящих технологических газах ДСП [5, 12].

В целях оценки теплового потенциала отходящих газов из ДСП-100, выполнены физико-математические расчёты энергетических потоков на основе эксплуатационных параметров работы печи. По результатам расчётов определены динамические характеристики (количество и температура) отходящих из ДСП газов, а также, значения выхода и возможной утилизации теплоты отходящих газов и выработки пара, представленные в графическом виде на рисунке 1 [14].

Среднее расчётное количество сбросной теплоты ДСП-100 составляет 25,1 Гкал/ч, с возможностью утилизации до 67 % (16,9 Гкал/ч), что позволит выработать в котле-утилизаторе до 24,8 т/ч насыщенного пара. Расчетная выработка электроэнергии при её генерации на установке ОЦР составит 2,4 МВт.

Необходимо отметить, что полученные расчётные характеристики могут отличаться от фактических показателей работы ДСП-100. Проведение глубокого обследования, включающего мониторинг теплофизических и эксплуатационных параметров технологических газов (химический состав, температура, давление и расход) [15] позволит получить более точные результаты.

Данное исследование проведено в рамках задач, определенных протокольным совещанием специалистов ТашГТУ имени И. Каримова, АО «Узметкомбинат» и АО «Среазцветметэнерго» по вопросу использования ВЭР от 13.09.2023 г.

- а) Температура и объёмный расход отходящих из ДСП технологических газов
- б) Количество сбросной теплоты, потенциал её утилизации и выработки насыщенного пара

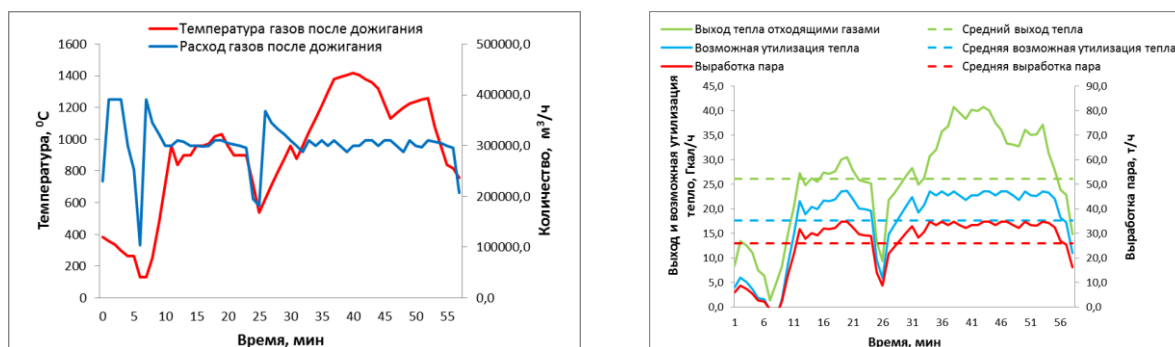
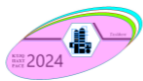


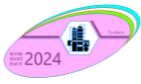
Рисунок 1 Динамические характеристики отходящих из ДСП технологических газов и выход вторичных энергетических ресурсов

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Born C. et al. Benchmark for heat recovery ... // MPT International. №1. 2013. P. 32-35;
2. Ташбаев Н., Садиев А. и др. К вопросу энергоэффективности плавки стали в дугоплавильных печах // Промышленная энергетика, №10, 2017. С. 26-30;
3. Мизин В.Г. и др. Способ очистки и охлаждения технологического газа дуговой сталеплавильной печи // <http://www.freepatent.ru/patents/2464512>;
4. Scheliephake H. et al. Heat recovery for the EAF of Georgsmarienhutte, Germany // Iron and Steel Technology, 2011. P. 330-335;
5. Foresti A. et al. Electric steelmaking with ORC heat recovery in Europe and beyond // 11th European electric steelmaking conference expo. EEC 2016. Venice (Italy). – 13 p.;
6. Hollands A.P. Концепции использование вторичной энергии // Семинар BSE, Россия, октябрь 2011;
7. Безбабный С.Г. и др. Система испарительного охлаждения газоотводящего тракта дуговой сталеплавильной печи // Сталь, №6 2015. С. 80-83.;



8. Ташбаев Н., Садиев А. и др. Энергоэффективная утилизация низкопотенциальных тепловых ВЭР ... // Вестник ТГТУ, №3 2018. С. 64-69;
9. Steinparzer T. et al. Waste heat recovery solutions for steelmaking processes // www.researchgate.net/scientific-contributions/2046481727_Thomas_Steinparzer
10. Zabelin N.A. et al. Development of an environmentally friendly steam turbine ... // Journal of Engineering Sciences and Technology, 3 (249) 2016. P. 5-14.
11. Сухих А.А. Исследование термодинамических свойств и теплотехнических характеристик ... / Диссертация д.т.н. - Москва: МЭИ, 2012. - 316 с.
12. Tartiere T., Astolfi M. A world overview of the organic Rankin cycle market // IV International Seminar on ORC Power Systems, Milano, Italy, Energy Procedia 129 (2017) 2-9.
13. Wang, C. et al. A Review of Recent Research and Application Progress in Screw Machines / <https://doi.org/10.3390/machines10010062>;
14. Ташбаев Н., Садиев А. и др. Утилизация ВЭР металлургического производства ... // Проблемы энерго- и ресурсосбережения, №3-4, 2019. С. 291-296. ISSN 2091-5985.
15. Садиев А., Ташбаев Н. и др. Инженерная методика определения режимных и конструкционных параметров ГИО // Промышленная энергетика, №11, 2020. <http://dx.doi.org/10.34831/EP.2020.66.59.004>



**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ
ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**EFFICIENCY IMPROVEMENT BASED ON MODERN ELECTRONIC SYSTEMS IN
PRODUCTION ENTERPRISES**

**ISHLAB CHIQRARISH KORXONALARIDA ZAMONAVIY ELEKTRON TIZIMLAR
ASOSDA SAMARADORLIKNI OSHIRISH.**

¹Д.И.Хамзаев

¹ Системный администратор АО “Farg’onaazot”, loed666@gmail.com,
orcid.0009-0003-3815-5606

Аннотация: В современном мире промышленные предприятия сталкиваются с необходимостью повышения эффективности для сохранения конкурентоспособности на рынке. Важной целью является внедрение современных электронных систем в производственные процессы. В настоящее время в нашем мире промышленные предприятия сталкиваются с необходимостью повышения эффективности своей деятельности для обеспечения сложной конкурентоспособности на рынке. Одним из целей достижения является внедрение современных электронных систем в производственные процессы. Исследование направлено на изучение использования современных электронных систем для улучшения производственных процессов. Исследование направлено на изучение вопросов, связанных с использованием современных электронных систем для улучшения производственных процессов на производствах. В исследование будут рассмотрены методы и технологии, которые могут повысить производительность, качество продукции, сократить издержки и оптимизировать управление производством. Следует отметить применения различных электронных систем, таких как системы мониторинга, автоматизации промышленных процессов, системы управления складами и их влияния на эффективность предприятия. Результаты и выводы исследования позволят предложить рекомендации по оптимизации и совершенствованию промышленных процессов с использованием современных новейших электронных систем. Результаты и выводы данного исследования будут использоваться для разработки рекомендаций по оптимизации и совершенствованию производственных процессов через внедрение новейших электронных систем.

Abstract: In today's world, industrial enterprises are faced with the need to improve efficiency to remain competitive in the market. An important goal is the introduction of modern electronic systems into production processes. At present, in our world, industrial enterprises are faced with the need to improve the efficiency of their activities to ensure complex competitiveness in the market. One of the goals of the achievement is the introduction of modern electronic systems into production processes. The study is aimed at studying the use of modern electronic systems to improve production processes. The study is aimed at studying the issues related to the use of modern electronic systems to improve production processes in production facilities. The study will consider methods and technologies that can improve productivity, product quality, reduce costs and optimize production management. It should be noted the use of various electronic systems, such as monitoring systems, automation of industrial processes, warehouse management systems and their impact on the efficiency of the enterprise. The results and conclusions of the study will allow us to offer recommendations for optimizing and improving industrial processes using modern state-of-the-art electronic systems. The results and conclusions of this study will be used to develop recommendations for optimizing and improving production processes through the introduction of the latest electronic systems.

Annotatsiya: Zamonaviy dunyoda sanoat korxonalari bozorda raqobatbardoshlikni saqlab qolish uchun samaradorlikni oshirish zarurati bilan duch kelmoqda. Ishlab chiqarish jarayonlariga zamonaviy elektron tizimlarni joriy etish muhim maqsaddir. Hozirgi vaqtda bizning dunyomizda sanoat korxonalari bozorda kompleks raqobatbardoshlikni ta'minlash uchun o'z faoliyati samaradorligini oshirish zarurati bilan duch kelmoqda. Zamonaviy elektron tizimlarni ishlab chiqarish jarayonlariga joriy etish erishiladigan maqsadlardan biridir. Tadqiqot ishlab chiqarish jarayonlarini takomillashtirish uchun zamonaviy elektron tizimlardan foydalanishni o'rganishga qaratilgan. Tadqiqot zavodlarda ishlab chiqarish jarayonlarini takomillashtirish uchun zamonaviy elektron tizimlardan foydalanish bilan bog'liq masalalarni o'rganishga qaratilgan. Tadqiqot mahsuldorlikni, mahsulot sifatini oshirish, xarajatlarni kamaytirish va ishlab chiqarishni boshqarishni optimallashtirishga yordam beradigan usullar va texnologiyalarni o'rganadi. Monitoring tizimlari, ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish, omborlarni boshqarish tizimlari va ularning korxonada samaradorligiga ta'siri kabi turli xil elektron tizimlardan foydalanishni ta'kidlash kerak. Tadqiqot natijalari va xulosalari zamonaviy, zamonaviy elektron tizimlardan foydalangan holda sanoat jarayonlarini optimallashtirish va takomillashtirish bo'yicha tavsiyalar berish imkonini beradi. Ushbu tadqiqot natijalari va xulosalaridan eng yangi elektron tizimlarni joriy etish orqali ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish va takomillashtirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishda foydalaniladi.

Ключевые слова: Эффективность производства, современные электронные системы, оптимизация производственных процессов, промышленная автоматизация, управление производством, качество продукции, снижение издержек, мониторинг производственных процессов, автоматизация складского управления, конкурентоспособность предприятия, ридер, дифференциальное уравнение в частных производных колебаний тонкой струны.

Keywords: Production efficiency, modern electronic systems, production process optimisation, industrial automation, production management, product quality, cost reduction, production process monitoring, warehouse management automation, enterprise competitiveness, reader, partial differential equation of thin string oscillations.

Kalit so'zlar: Ishlab chiqarish samaradorligi, zamonaviy elektron tizimlar, ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish, sanoatni avtomatlashtirish, ishlab chiqarishni boshqarish, mahsulot sifati, tan narxni pasaytirish, ishlab chiqarish jarayonlarini monitoring qilish, omborlarni boshqarishni avtomatlashtirish, korxonaga raqobatbardoshligi, o'quvchi, torning tebranishlarning differensial tenglamasi.

Введение. RFID (Radio-Frequency Identification) — это технология автоматической идентификации объектов с помощью радиочастотных меток (RFID-тегов) и считывающих устройств.

Внедрение RFID систем на производственных предприятиях позволяет повысить эффективность и улучшить управление производственными процессами.

Одним из ключевых преимуществ внедрения RFID технологий является улучшение процесса отслеживания и контроля за инвентарем и материалами на предприятии. Благодаря RFID тегам, каждый объект может быть идентифицирован и прослежен на всех этапах производства, начиная от поставки сырья и заканчивая отправкой готовой продукции.

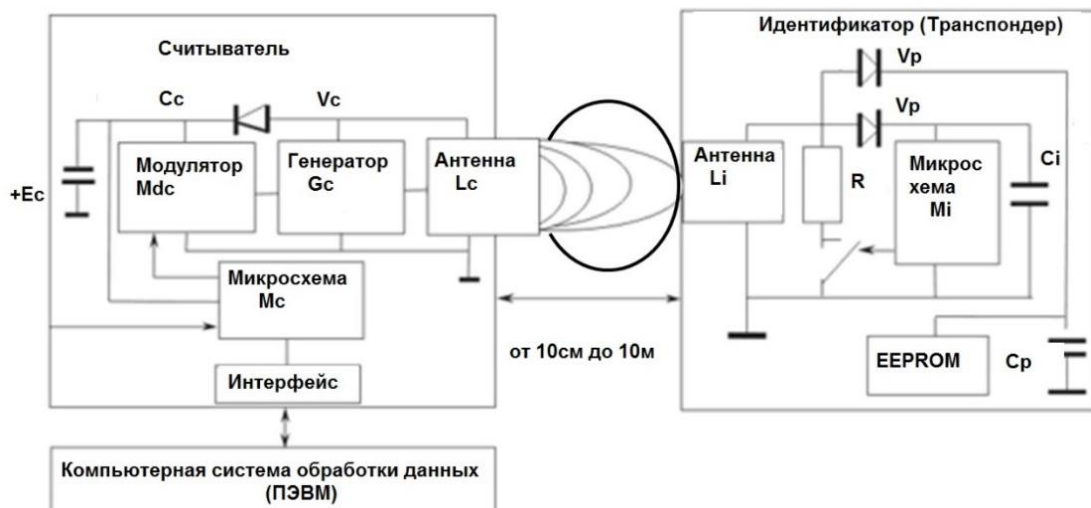


Рис-1. Принципиальная схема RFID-системы.

Это позволяет сократить время на поиск и подсчет инвентаря, уменьшить вероятность ошибок и потерь, а также повысить точность учета материалов и товаров на складе. Кроме того, RFID системы позволяют автоматизировать процессы инвентаризации и упростить складские операции, что значительно повышает эффективность работы склада. С помощью RFID технологий также можно существенно улучшить процессы производственного контроля и качества.

Благодаря возможности быстрого сканирования продукции и ее компонентов, можно оперативно выявлять и устранять дефекты, контролировать срок годности и соблюдать стандарты качества.

Кроме того, внедрение RFID систем на производственном предприятии позволяет улучшить безопасность труда и контроль доступа к определенным зонам или оборудованию. С использованием RFID-меток для идентификации сотрудников, можно

снизить риск несчастных случаев, уменьшить возможность краж и несанкционированного доступа.

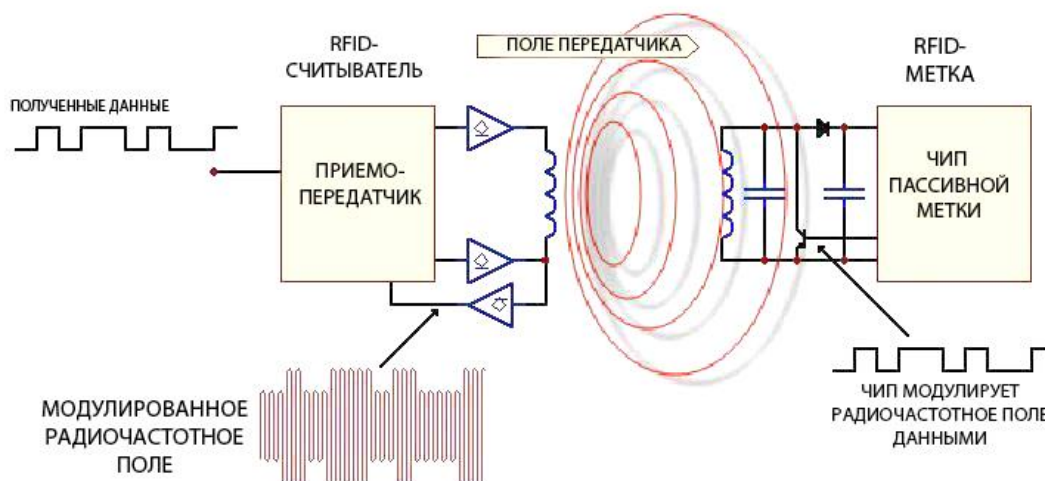


Рис-2. Прицеп работы радиочастотной идентификации RFID-системе.

Системы, основанные на передовых технологиях, играют важную роль в оптимизации производственных процессов, повышении качества продукции, снижении издержек и обеспечении управления на всех этапах производства. Автоматизация, цифровизация и использование современных информационных технологий позволяют эффективно контролировать и управлять производственными процессами, мониторить показатели производства в режиме реального времени, а также повышать общую производительность предприятия.

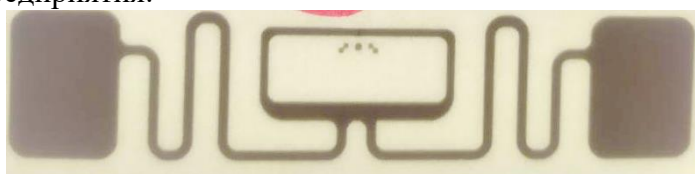


Рис-3. RFID-метка

В данной работе мы рассмотрим влияние современных электронных систем на повышение эффективности производства на промышленных предприятиях, исследуем их преимущества и возможности в контексте улучшения производственных процессов, а также выявим структуру и принципы функционирования таких систем для достижения оптимальных результатов в современной промышленности.

Один из разработанных и внедрённых проектов маркировка готовой продукции в производственном объекте по производству химических удобрений.

Процесс работы RFID технологии выглядит следующим образом: считыватель отправляет радиочастотный сигнал к метке, в это время метка активируется и передает данные обратно считывателю тоже самый сигнал в именном ввиду, а считыватель принимает эти данные и обрабатывает их с помощью программного комплекса. В это время позволяет чётко и эффективно отслеживать, и управлять объектами или товарами, к которым прикреплены RFID теги.

Исследования, разработка. Один из основного элемента радиочастотной идентификации является RFID метки(теги) – это в свою очередь микросхема, в которой хранятся уникальный код каждой RFID метки. В нём имеется специфичная антенна для беспроводной передачи информации. Внешний считыватель сканирует, с помощью электромагнитные излучение передачи – прем, память метки радиочастотной

идентификации и обрабатывает полученные данные. Программный комплекс системы обрабатывает полученные информации и организует идентификации кодов RFID меток.

Программное обеспечение для считывания мешков готовой продукции работает следующим образом:

- В первую очередь контролировать качества продукции: программа может также контролировать качество упаковки, например, с помощью встроенных датчиков, которые определяют правильность заполнения мешков и наличие дефектов;
- Мониторинг всего процесса: в процессе упаковки программа отображает информацию о текущем состоянии промышленной линии, количество мешков, обнаруженные проблемы;
- Запуск процесса упаковки: после ввода параметров, программа запускает процесс упаковки, контролируя подачу продукции, заполнение мешков и их закрытие;

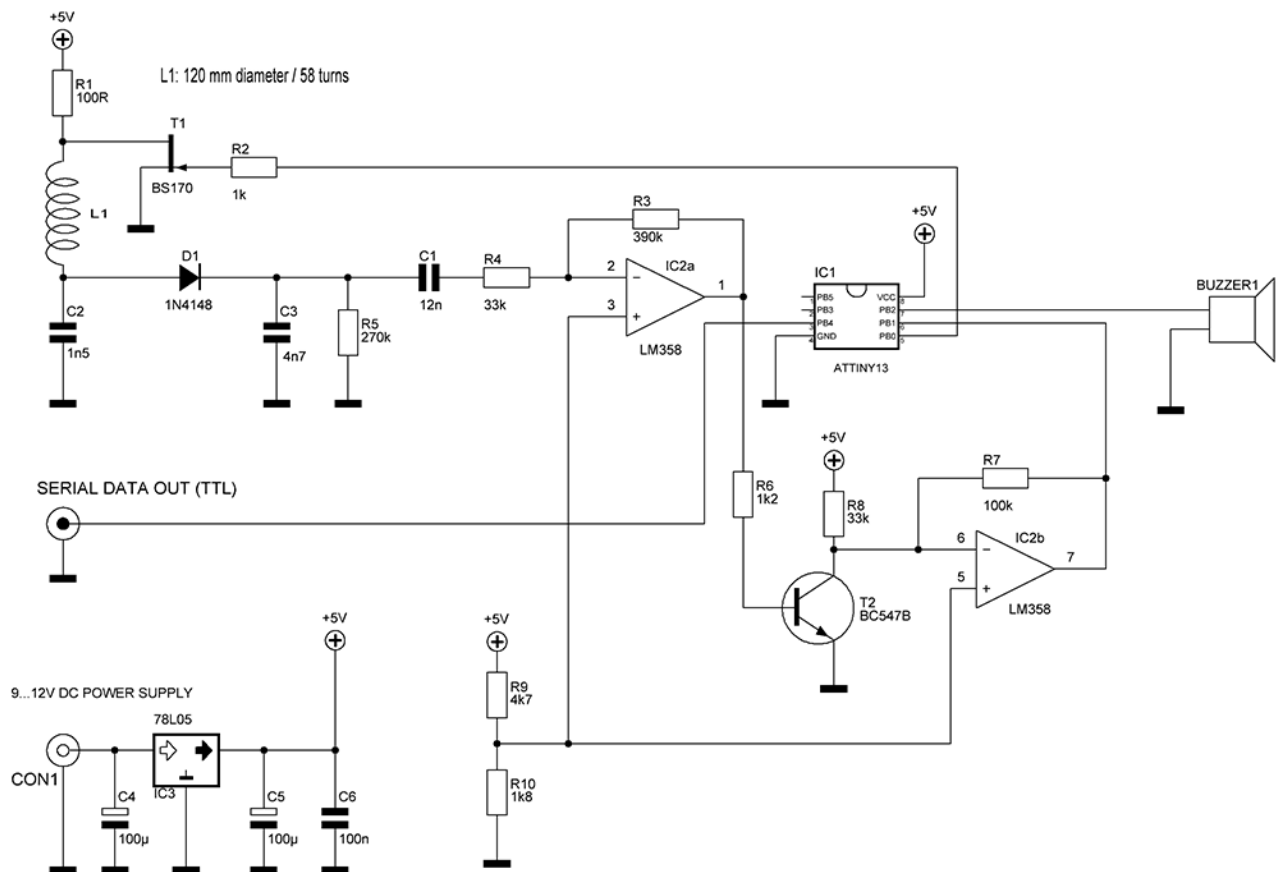


Рис-2. Электронная схема считывателя RFID-технологии.

- Настройка параметров и свойства мешков: оператор задает необходимые параметры упаковки, такие как тип продукции, вес мешка, скорость упаковки;
- Отчеты и аналитика всего процесса: после завершения упаковки программа проверяет качество упаковки и может генерировать отчеты о производительности упаковочной линии производства, расходе материалов и другие данные для анализа и оптимизации процесса;

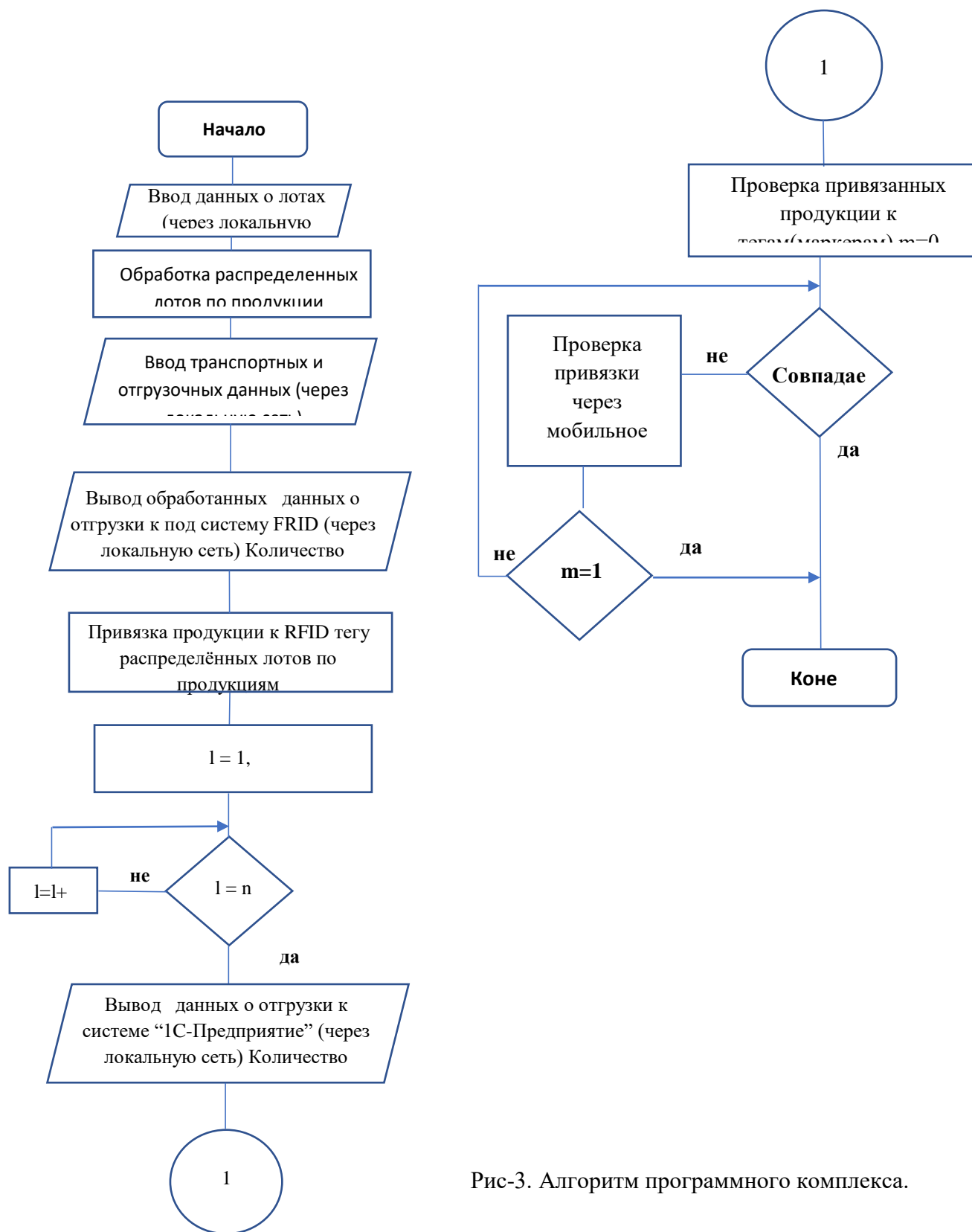


Рис-3. Алгоритм программного комплекса.

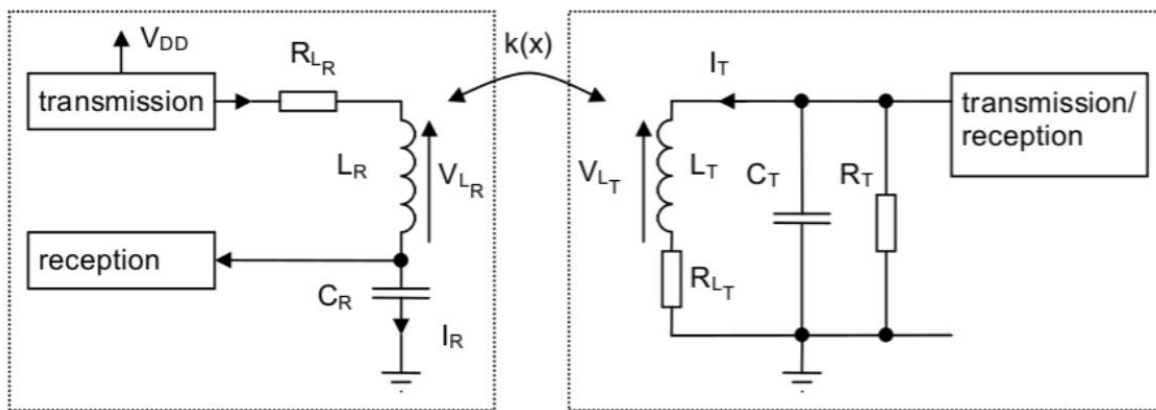


Рис-2. Схема колебательных контуров RFID метки.

Таким образом, программный комплекс для считывания мешков готовой продукции повышает эффективность отгрузки и приводит к автоматизации учета и отслеживание продукции упаковочной линии. В алгоритме указано циклический процесс обработки информации о клиентах и количество мешков при отгрузке.

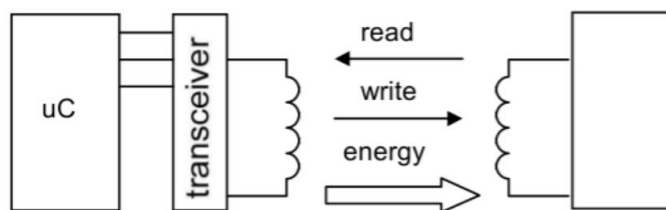
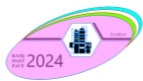


Рис-3. Схема передачи информации.

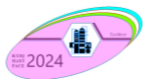
Вся информация хранится в базе данных накопленного модульного комплекса и кодированном формате. Для полноценной организации обмена данных с модульными программами было использован Microsoft SQL Server 2019 Express. Так как информация о мешках и клиентов очень масштабная и требует много ресурсов. Все произвольные данные формируются в единой базе и передаются отгрузочным цехам по направлению. С помощью **POST** системам определяется заказ поступившийся и одобренный с логистики для отгрузки готовой продукции. Таким образом при отгрузки данного заказа прикрепляется мешки определённого клиента и отгружается товар. На территории предприятия эти мешки уже принадлежат покупателю данного товара.

Заключение. Logix-ERP также предлагает функционал для управления складом, отслеживания поставок и инвентаризации, а также аналитические отчеты для оптимизации процессов управления складом и учета товаров. Программа легко интегрируется с другими программными продуктами и обеспечивает высокую производительность и надежность при работе с данными. Logix-ERP является надежным решением для компаний, занимающихся производством и упаковкой товаров, которым необходимо эффективно управлять процессами маркировки и логистики. Программа помогает сэкономить время и ресурсы благодаря автоматизации и оптимизации процессов. Благодаря простому и интуитивно понятному интерфейсу, Logix-ERP легко осваивается и используется сотрудниками на всех уровнях.

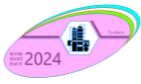


Список литературы:

- [1] «Identification Friend or Foe (IFF) Panel with Dynamic Contrast at Long Wave Infrared (LWIR) Wavelengths (Solicitation)». SBIR-STTR. US Department of Defense (Army). January 2019.
- [2] Termen L. S. Rojdenie, detstvo i yunost «termenvoksa» // Radiotexnika, 1972. — T. 27. — № 9. — S. 109—111.
- [3] Stockman H. Communication by Means of Reflected Power. Proceedings of the I. R. E. 1948. 1196-1204 pp.
- [4] Charles A. Walton. Portable radio frequency emitting identifier. US4384288A. United States. 1980.
- [5] W. E. Zhang; et al. (2020). "The 10 Research Topics in the Internet of Things". 2020 IEEE 6th International Conference on Collaboration and Internet Computing (CIC) Atlanta, GA, USA (angl.): 34—43. doi:10.1109/CIC50333.2020.0001. Arxivirovano 27 yanvarya 2021.
- [6] Manish Bxuptani, Shaxram Moradpur. RFID-texnologii na slujbe vashego biznesa = RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems / Troiskiy N. — Moskva: «Alpina Pablisher», 2007. — S. 65. — 290 s. — ISBN 5-9614-0421-8.
- [7] Grigorev, P. V. Osobennosti texnologii RFID i yee primeneniye / P. V. Grigorev. — Tekst: neposredstvennyy // Molodoy uchenyy. — 2016. — № 11 (115). — S. 317-322. — URL: <https://moluch.ru/archive/115/30692/> (data obrasheniya: 02.06.2024).
- [8] Bobsov A. A., Kremlyov A. S. Sintez nablyudatelya v zadache kompensatsii konechnomernogo kvazigarmonicheskogo vozmusheniya // Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya, 2005. №3. S. 5-11.
- [9] Bobsov A. A., Kremlyov A. S. Adaptivnaya identifikatsiya chastoty smeyonnoy sinusoidalnoy signala // Izvestiya vuzov. Priborostroeniye. 2005. №4. S. 22-26.
- [10] Bobsov A. A., Kremlyov A. S., svikevich V. I. Sintez nablyudatelya dlya konechnomernogo vozmusheniya // Nauchno-texnicheskii vestnik SPbGITMO (TU). 2003. Vypusk 7. Informatsionnyye, vychislitelnyye i upravlyayushchiye sistemy. S. 81-85.
- [11] Isaev M.D., Buzina E.E., Sokyrenko V.V. ACTUAL PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF RFID TECHNOLOGIES IN RUSSIA. Scientific Review. Technical science. — 2017. — № 2 — P. 47-49
- [12] Arxivnaya kopiya «VVP Uzbekistana na 2023 god vyros do 96 mlrd.» ot 1 fevralya 2023 god // Gazeta.uz
- [13] Dannyye Ministerstva zanyatosti i trudovykh otnosheniy Respubliki Uzbekistan (<https://mehnat.uz/ru>).
- [14] Saiakbarov X. X., Saidova D. N. Napravleniya razvitiya selskogo khozyaystva v Respublike Uzbekistan // Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya. — 2014. - №2 (5). — S. 190
- [15] Abdunazarov N. U. Bankovskiy sektor i ekonomicheskoye razvitiye regionov Uzbekistana // Dengi i kredit. — 2011. - №9. — S.53
- [16] Askerovatamilla A., Ganbarova S.I. Primeniye texnologii radiochastotnoy identifikatsii (RFID) v sovremennoy sisteme obrazovaniya//Colloquium-journal. —2023. —№3(162).
- [17] Bobrova Ye.I. Programmnoye i texnicheskoye obespecheniye proekta «Biblioteka novogo pokoleniya tvorcheskogo vuz» v Kemerovskom gosudarstvennom institute kultury // Bibliosfera. — 2022. — № 3 — S. 49–56.
- [18] Potarova K.A. Identifikatsiya dannykh s pomoshchyu RFID-Metok // Vestnik nauki. — 2023. — №10 (67).
- [19] Khamzaev D.I., Abduraxmonov S.M., Khamzaev I.X. O protsesse markirovki meshkov gotovoy produkcii na predpriyatiye AO “Farg’onaazot” // Universum: texnicheskoye nauki: elektron. nauchn. jurn. 2023. 7(112).
- [20] Khamzaev D.I., Abduraxmonov S.M., Khamzaev I.X. O sovremennykh sistemakh ucheta i markirovki produkcii // Universum: texnicheskoye nauki: elektron. nauchn. jurn. 2023. 12(117).
- [21] Khamzaev D.I. Razrabotka mobilnogo programmnoy obespecheniya dlya schityvaniya meshkov gotovoy produkcii AO “Farg’onaazot” // Universum: texnicheskoye nauki: elektron. nauchn. jurn. 2024. 4(121).
- [22] Khamzaev D.I., Khamzaev I.X. Mikrochipy dlya RFID metok // Universum: texnicheskoye nauki:elektron. nauchn. jurn. 2024. 3(120).
- [23] Uncovering the impact of pressure on lithium-metal pouch cells with liquid electrolytes. Nat Energy 9, 518–519 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41560-024-01489-8>
- [24] Julian Stürmer, Anton Plietzsch, Thomas Vogt, Frank Hellmann, Jürgen Kurths, Christian Otto, Katja Frieler & Mehrnaz Anvari. Increasing the resilience of the Texas power grid against extreme storms by hardening critical lines. Nat Energy 9, 526–535 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41560-023-01434-1>
- [25] Gustavo M. Hobold, Chongzhen Wang, Katherine Steinberg, Yuzhang Li & Betar M. Gallant. High lithium oxide prevalence in the lithium solid–electrolyte interphase for high Coulombic efficiency. Nat Energy 9, 580–591 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41560-024-01494-x>
- [26] Fatima Hameedat, Bárbara B. Mendes, João Coniot, Leonardo D. Di Filippo, Marlus Chorilli, Avi Schroeder, João Conde & Flávia Sousa. Engineering nanomaterials for glioblastoma nanovaccination. Nat Rev Mater (2024). <https://doi.org/10.1038/s41578-024-00684-z>



- [27] Ming Luo, Alexey Tarasov, Hong Zhang & Junhao Chu. Hybrid perovskites unlocking the development of light-emitting solar cells. *Nat Rev Mater* 9, 295–297 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41578-024-00675-0>
- [28] Wang, C. Unlocking the potential of ultrahigh-Ni cathodes via epitaxial entropy-assisted coating. *Nat Rev Mater* 9, 303 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41578-024-00686-x>
- [29] Xia Hu, Zhijia Zhang, Xiang Zhang, Yao Wang, Xu Yang, Xia Wang, Miryam Fayena-Greenstein, Hadas Alon Yehezkel, Steven Langford, Dong Zhou, Baohua Li, Guoxiu Wang & Doron Aurbach. External-pressure–electrochemistry coupling in solid-state lithium metal batteries. *Nat Rev Mater* 9, 305–320 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41578-024-00669-y>
- [30] Avik Dutt, Aseema Mohanty, Alexander L. Gaeta & Michal Lipson. Nonlinear and quantum photonics using integrated optical materials. *Nat Rev Mater* 9, 321–346 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41578-024-00668-z>
- [31] Liang Cao; Yingnan Pan; Hongjing Liang; Tingwen Huang. Observer-Based Dynamic Event-Triggered Control for Multiagent Systems With Time-Varying Delay. *IEEE Transactions on Cybernetics*. 2023. Vol. 53, Issue 5.
- [32] Jingwen Li; Yining Ma; Ruize Gao; Zhiguang Cao; Andrew Lim; Wen Song; Jie Zhang. Deep Reinforcement Learning for Solving the Heterogeneous Capacitated Vehicle Routing Problem. *IEEE Transactions on Cybernetics*. 2022. Vol. 52, Issue 12.
- [33] Yujuan Wang; Yongduan Song; David J. Hill; Miroslav Krstic. Prescribed-Time Consensus and Containment Control of Networked Multiagent Systems. *IEEE Transactions on Cybernetics*. 2019. Vol. 49, Issue 4.
- [34] Lei Ding; Qing-Long Han; Xiaohua Ge; Xian-Ming Zhang. An Overview of Recent Advances in Event-Triggered Consensus of Multiagent Systems. *IEEE Transactions on Cybernetics*. 2018. Vol. 48, Issue 4.
- [35] Chao Deng; Weinan Gao; Changyun Wen; Zhiyong Chen; Wei Wang. Data-Driven Practical Cooperative Output Regulation Under Actuator Faults and DoS Attacks. *IEEE Transactions on Cybernetics*. 2023, Vol. 53, Issue 11.
- [36] Zhaozong Wang, Jiangfeng Cheng, Weiran Liu, Xiaofu Zou, Fei Tao. A fault localization approach based on multi-system PCA and dynamic SDG: Application in train lifting equipment. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. Volume 87, June 2024, 102694. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2023.102694>
- [37] Stretching visions of display technology. *Nat Electron* 7, 327 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41928-024-01185-1>



**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА
РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ ПЕРЕГОНКИ МИСЦЕЛЛЫ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ОСТРОГО ПАРА**

Мирзо Саидович Нарзиев,

Заведующий кафедры ТМО

Республика Узбекистан, 200100, г. Бухара.,

Бухарский инженерно-технологический институт

E-mail: narziyev@mail.ru

Фахриддин Юсупович Хабибов,

старший научный исследователь-соискатель

Республика Узбекистан, 200100, г. Бухара.,

Бухарский инженерно-технологический институт

E-mail: faxrilo@mail.ru

**DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF SPRAY
DISTILLATION OF VEGETABLE OIL MISC USING THE KINETIC ENERGY OF
HOT STEAM**

Mirzo Saidovich Narziev

Head of the Department of TMO Republic of Uzbekistan, 200100, Bukhara., Bukhara Institute of engineering and
technology E-mail: faxrilo@mail.ru

Fakhriddin Yusupovich Khabibov

senior researcher-applicant Republic of Uzbekistan,

200100, Bukhara., Bukhara Institute of engineering

and technology E-mail: faxrilo@mail.ru

АННОТАЦИЯ. В статье изложены результаты исследования гидродинамической структуры потоков фаз, процесса, протекающего в аппарате окончательной дистилляции мисцеллы растительного масла и его методы исследования.

Ключевые слова: Дистилляция, форсунка, черное масло, конфузор, диффузор, горловина, сопло, структура, производство.

На сегодняшний день в мире наблюдается высокий рост производства растительного масла, являющегося одним из ведущих в индустрии производства продуктов питания. Разработка интенсивных способов, необходимых для производства растительных масел, создание современной техники и технологии носит научно-практическое значение.

Окончательная дистилляция (перегонка) в системе экстракции на заводах по производству растительного масла является одним из наиболее сложных и энергоемких процессов. В частности, ведутся масштабные научные исследования по изучению гидродинамических структур потоков и созданию современного, высокоэффективного метода и установок окончательной дистилляции растительных масел.

Дистилляция представляет собой разделение смеси взаиморастворимых компонентов за счет испарения и конденсации паров, обогащенных легколетучим компонентом. При дистилляции или простой перегонке молекулы, покидающие поверхность испарения, движутся в одном и том же направлении до момента достижения поверхности конденсации. Разделение компонентов зависит от многих факторов и, в первую очередь, от физико-химических свойств смеси, гидродинамики фаз, геометрических характеристик аппаратов и условий их работы.

Процесс окончательной дистилляции осуществляется в различных аппаратах. *Гидродинамическая структура* в аппарате создается его конфигурацией как, наличием перегородок и их расстановкой, диаметром аппарата, числом труб и числом ходов, скоростью течения потоков.

Изучая эксплуатируемые в настоящее время на заводах переработки маслосодержащих материалов растительного масла, совершенствуется и создаются новые аппараты окончательной дистилляции мисцеллы. Нами для изучения гидродинамической структуры потоков фаз протекающего процесса в аппарате окончательной дистилляции мисцеллы растительного масла разработана и собрана экспериментальная установка с распылительной форсункой.

Распылительная форсунка состоит из патрубка-1 для подачи продукта и патрубка-2 для подачи пара с соплом-3, конфузора-4 способствующий частичному перемешиванию пара с продуктом, горловины-5 для частичного повышения скорости образующихся смесей за счет сужения (пара и мисцеллы), диффузора-6, насадки-7 в виде пальчиков, тангенциального завихрителя-8 и выходного отверстия-9 (рис.1).

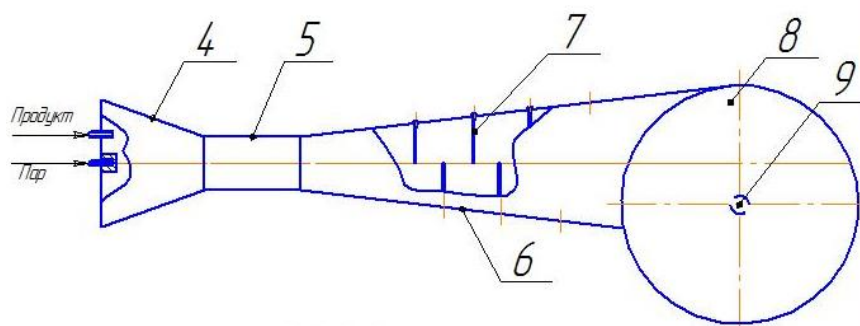


Рис.1. Распылительная форсунка для проведения массообменного процесса.

Для форсунок устанавливаются определенные диаметры и на входе задаются определённые начальные расходы. Выбор значений этих параметров важен и тем, что при выполнении определённых условий, например, после критического числа Вебера должно начаться дробление капель мисцеллы. Нами исследованы диапазоны этих параметров, для которых выполняются эти условия.

Известно, что массообменный процесс — это разность концентраций распределяемого вещества во взаимодействующих фазах [1;-P.777–783]. Изучение динамики протекающего процесса в предлагаемом массообменном элементе, форсунки массообменного аппарата аналитическим методом осуществляли по следующей последовательности.

Массу летучего компонента можно определить следующим образом:

$$M = \left(\frac{\pi^2 \cdot D}{4 \cdot R_k^2} \right) \cdot (y - y^*)$$
$$M = \left(\frac{\pi^2 \cdot D}{4 \cdot R_k^2} \right) \cdot (x^* - x) \quad (1)$$

где R -радиус капли мисцеллы, м; D – коэффициент диффузии $a=90\%$, $t=105^0\text{C}$.

Коэффициент диффузии- D при концентрации раствора масло-бензин с данными (при $a = 90\%$, $t = 105^0\text{C}$), $D = 1,47 \cdot 10^{-9} \frac{\text{см}^2}{\text{сек}}$ [2;-С. 10-11, 3; P. 57–62].

Радиус капли мисцеллы образуемый при распылении форсункой можно определить следующей формулой:

$$R_k = \sqrt{\frac{4,5 \cdot \pi \cdot G_L \cdot d_{\text{соп}}^2}{(\rho_L + \rho_G) \cdot \omega_L^2}}, \text{ м.} \quad (2)$$

где, G_L - объёмный расход мисцеллы, $d_{\text{соп}}$ – диаметр сопла форсунки, ρ_L -плотность мисцеллы и ρ_G -плотность газовой фазы, ω_L -начальная скорость мисцеллы.

Вычисляем начальный радиус капли мисцеллы в следующей последовательности:

Осциляция формы капли начинается при $Re > 500-1000$ и для определения критических чисел Рейнольдса используем формулу:

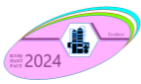
$$Re = \frac{\omega \cdot d}{\nu} \quad (3)$$

где, ω - скорость жидкости, d - характерная длина, ν –кинематический коэффициент вязкости мисцеллы.

При анализе процессов тепломассообмена после распыления жидкости, важной характеристикой является скорость движения капли. Скорость капли определяется кинетической энергией то есть, начальной скоростью и динамическим взаимодействием на каплю газовой фазы [4; -С.21-23 б.].

Тепловое воздействие на каплю при её движении, проявляется, в частности на деформацию капли из-за влияния температуры на вязкость и поверхность натяжения жидкости, и массообмена. Все эти данные используются для определения условия дробления капель.

Многочисленные экспериментальные исследования и визуализация позволили процесс дробления капли представить в следующем виде [5; P.- 64-66 б.].



На поверхности жидкой частицы, обтекаемым потоком, создается распределение давлений (близкое к распределению на шаре), которое деформируют каплю. При определенном соотношении параметров, внешние силы аэродинамического воздействия

$\rho_G \omega^2 \cdot \pi d^2$ преодолевают силы поверхностного натяжения,
 $\pi d^2 \cdot \sigma_L$ вызывая дробление капли [6;-P.37-49].

Количественно, соотношение этих сил определяется величиной критерия деформации - числом Вебера (We):

$$We = \frac{2 \cdot \rho_G \cdot \omega^2 \cdot R}{\sigma_L} \quad (4)$$

где, ρ_G – плотность газовой фазы, ω - относительная скорость фаз, R -радиус капли мисцеллы, σ_L – поверхностное натяжение капли мисцеллы.

Относительная скорость фаз определяется по следующей формуле:

$$\omega = \omega_G - \omega_L \quad (5)$$

где, ω_G – начальная скорость газовой фазы, ω_L - начальная скорость жидкой фазы- мисцеллы.

Учёными установлены следующие характерные значения критерия Вебера: при $We < 10,7$ капля в потоке деформируется, но ещё не распадается; при $We = 10,7$ достигается нижний предел дробления, капля разрушается на две части, при этом из общего числа капель распадается 10-20 %.

По мере увеличения критерия Вебера в интервале $10,7 \leq We < 14$ капля разделяется на 3, 4, 5, и т.д. капель и раздробившихся капель в процентах возрастает. При $We=14$ достигается верхний предел дробления – все 100% капель дробятся на множество мелких частиц. Далее при всех режимах, где $We > We_{кр}=14$ дробления капель сохраняется. Образующиеся капли будут тем мельче, чем больше величина числа Вебера - We .

В нашем случае для экспериментальной установки выбраны параметры мисцеллы: начальный массовый расход - G_G , плотность мисцеллы- ρ_L , радиус сопла- $r_{соп}$, диаметр сопла $d_{соп}$.

Для вычисления числа Вебера понадобится начальная скорость мисцеллы, и её можно вычислить из параметров начального расхода мисцеллы по следующей формуле:

$$\omega_L = \frac{G_L}{S_L} \quad (6)$$

где S_L - площадь сечения сопла мисцеллы, которая равна: $S_L = \pi \cdot r_L^2$

Для вычисления числа Вебера [7;-С42-54, 8; -С.109-162] сначала вычислим объёмный расход мисцеллы:

$$G_L = \frac{q_L}{\rho_L} \quad (7)$$

После определения объемного расхода мисцеллы, определяем его начальную скорость по уравнению (6).

Параметры газовой фазы: объёмный расход газовой фазы равен G_G , радиус сопла газовой фазы равен r_G , плотность газовой фазы при температуре 130°C равна ρ_G .

Следовательно, площадь сечения сопла газовой фазы определяем следующим образом:

$$S_G = \pi \cdot r_G^2 \quad (8)$$

Таким образом, определим начальную скорость газовой фазы по следующей формуле:

$$\omega_G = \frac{G_G}{S_G} \quad (9)$$

По уравнению (5) определим относительную скорость фаз.

По выше указанным методам, определили длину начального участка газовой струи при изменении начального объёмного расхода и связи числа Вебера и начальной относительной скорости.

На рис.2. показан график зависимости длины начального участка газовой струи при изменении начального объёмного расхода.

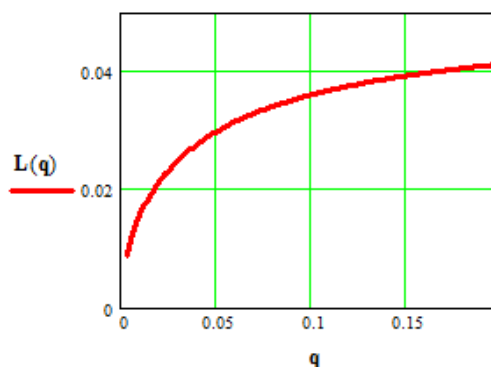


Рис. 2. Связь длины начального участка от начального расхода.

При увеличении расхода газа, длина начального участка увеличивается. Отсюда видно, что при расходе газовой струи 0,1 длина начального участка будет в пределах 35-40 мм, а длина конфузора форсунки аппарата составляет 180 мм. В оставшиеся части конфузора после начального участка ≈ 140 мм происходит смешивание газовой струи и струи мисцеллы.

Результат определения связи числа Вебера и начальной относительной скорости приведен на рис.3.

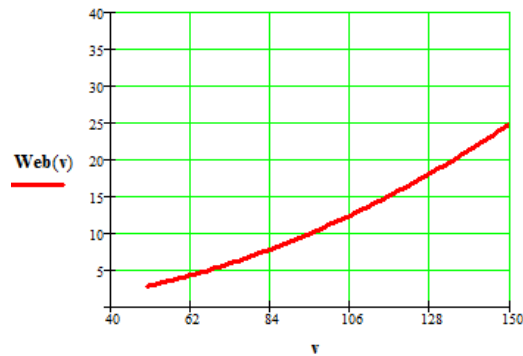


Рис. 3. Связь относительной скорости и числа Вебера.

Из рис. 3 видно, что при выборе вышеприведённых начальных данных, для достижения первоначального дробления капель ($We \geq 10$) относительная скорость должна быть больше $\omega = 90$ м/с.

Видно, что при скорости, большей $\omega = 90$, число Вебера $We > 10$, так что при выборе остальных начальных данных при начальной скорости газовой фазы, $We > 10$, происходит дробление капель.

Для дальнейшего определения диаметра капель, определения времени испарения используем одномерные обыкновенные дифференциальные уравнения для капли мисцеллы растительного масла.

Для вывода уравнения движения в одномерной постановке пользуемся вторым законом Ньютона:

$$m_d \frac{du}{dt} = -\frac{1}{2} K \cdot u^2 \quad (10)$$

где $K = \frac{1}{2} \rho_g \cdot A^2 \cdot C_d$; A -площадь поперечного сечения, C_d -коэффициент аэродинамического сопротивления капли мисцеллы растительного масла.

$$m_d = \frac{4}{3} \pi \rho_{ж} R^3 = \frac{4}{3} \pi \rho_{ж} \left(R_0 - \sqrt{2 * D * t * \frac{\rho_{г}}{\rho_{ж}}} \right)^3$$

Интегрируя обе части уравнения (10) получим:

$$\int \frac{du}{u^2} = -\frac{1}{2} \int \frac{dt}{m_d} \quad (11)$$

Введём обозначения:

$$b = 2 \cdot D \cdot \frac{\rho_{г}}{\rho_{ж}} \quad k1 = \frac{4}{3} \pi \rho_{ж} \quad a = R_0 \quad (12)$$

Учитывая уравнения (11) и (12) приведем к следующему виду:

$$\int \frac{du}{u^2} = \int \frac{K dt}{k1(R_0 - \sqrt{bt})} \quad (13)$$

Левая часть уравнения (13) легко интегрируется, для правой части введём обозначения:

$$a - \sqrt{bt} = z, \quad t = \frac{1}{b}(a - z)^2, \quad dt = \frac{2}{b}(a - z)dz \quad (14)$$

Подставляя уравнение (14) в уравнение (13), в правой части получим:

$$\frac{K}{K_1} \int \frac{\frac{2}{b}(a-z)dz}{z^3} = \frac{K}{K_1} \int \frac{\frac{2}{b}adz}{z^3} - \int \frac{\frac{2}{b}z}{z^3} dz = \frac{K}{K_1} \left[-\frac{2a}{b} \frac{z^{-2}}{-2} - \frac{2}{b} \frac{z^{-1}}{-1} \right] + C \quad (15)$$

Подставляя уравнение (11) в уравнение (12) учитывая (10) получим:

$$-\frac{1}{u} = -\frac{2K}{K_1} \left[-\frac{a}{b} \frac{1}{(a-\sqrt{bt})^2} + \frac{2}{b} \frac{1}{a-\sqrt{bt}} \right] \quad (16)$$

Изменяя уравнение (14), придём к следующему уравнению:

$$u = \frac{b \cdot K_1 \cdot (a - \sqrt{bt})^2}{2(a - \sqrt{bt}) - a} \quad (17)$$

Масса частиц, испаряющихся в секунду с капли мисцеллы, в нашем примере равна:

$$\frac{dm}{dt} = -\frac{D \cdot \rho_g}{R} \cdot 4\pi R^2 \quad (18)$$

С другой стороны, $m = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_{ж}$, поэтому взяв производную с обеих сторон получим следующее уравнение:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{4}{3}\pi \rho_{ж} \frac{dR^3}{dt} = 4\pi \rho_{ж} R^2 \frac{dR}{dt} \quad (19)$$

Приравняв уравнения (18) и (19), сделав некоторые упрощения, получим следующее уравнение и будем преобразовать к виду уравнений (20).

$$\frac{dR}{dt} = -\frac{D}{R} \cdot \frac{\rho_g}{\rho_{ж}} \quad (21)$$

$$R \cdot dR = -D \cdot \frac{\rho_g}{\rho_{ж}} dt \quad (22)$$

Проинтегрировав уравнение (22) и учитывая начальное условие получим:

$$R^2 - R_0^2 = -2 \cdot D \cdot \frac{\rho_g}{\rho_{ж}} t \quad (23)$$

отсюда находим:

$$R^2 = R_0^2 - 2 \cdot D \cdot \frac{\rho_g}{\rho_{ж}} t \quad \text{и} \quad R = \sqrt{R_1^2 - 2 \cdot D \cdot \frac{\rho_g}{\rho_{ж}} t} \quad (24)$$

где $R_1 = R_0^2$

На рис.4 приведен график изменения радиуса капли по времени для разных начальных значений плотности газовой фазы. Видно, что при большой начальной плотности газовой фазы радиус капли уменьшается быстрее и стремится к нулю.

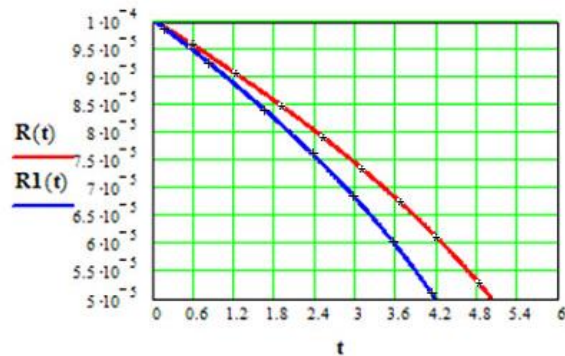


Рис.4. Зависимость размера капли мисцеллы по времени при разных значениях
 относительно начальной плотности газовой фазы

(*- $\rho_{ж} = 0,4$; +- $\rho_{ж} = 0,5$.)

На рис.5 приведен график зависимости продольной скорости по времени для разных начальных значений температуры газовой фазы. Отсюда видно, что при больших значениях начальной температуры скорость уменьшается быстрее.

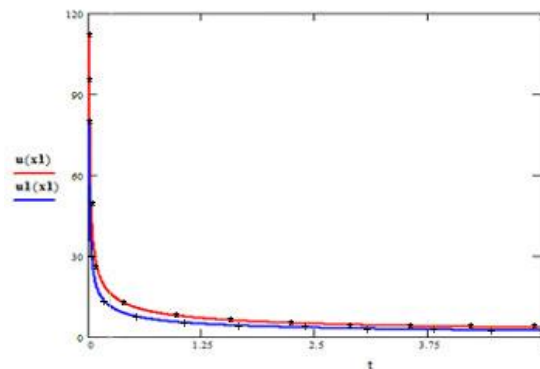
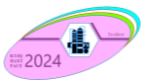


Рис.5. Зависимость продольной скорости по времени для разных начальных
 значений температуры газовой фазы

(*- $t_0=100^{\circ}\text{C}$, +- $t_0=130^{\circ}\text{C}$.)

Таким образом, с начальной скоростью 100 м/с газовой фазы, после половины секунды скорость падает примерно до 9 м/с, на этом этапе радиус капли по рис. 2.8 равен 0,00006 м=60 мкм. После одной секунды радиус капли будет равен 0,000003 м=30 мкм.

Обобщенную математическую модель процесса перегонки протекающего в рабочих зонах окончательного дистиллятора, можно описать следующей системой уравнений:



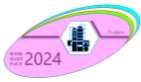
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx}{d\tau} = \frac{L_n x_n - L \cdot x - \left(\frac{\pi^2 \cdot D}{4 \cdot R^2}\right) \cdot (x - x^*)}{V_L \rho_L} \\ L = L_n - \sum \Delta L \\ \Delta L = \frac{L_n (x_n - x)}{1 - x} \\ y = \frac{G_n y_n + \Delta L}{G} \\ G = G_n + \sum \Delta L \\ x^* = \frac{P}{(b_{11} t - b_{10}) \cdot 100} \\ P = \frac{G \cdot y}{\sum \frac{G_i y_i}{M_i}} P_{ym} \\ \frac{dt_{mц}}{d\tau} = \left(G_{mц} c_{mц} t_{mц} - G_{mц} \frac{x_{mц.б}}{x_{mц.о}} c_{mц} t_{mц} - G_{бен} i_{бен} + \alpha F (t_{бюз} - t_{mц}) \right) / V_L \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} 2 \\ 5 \end{array}$$

Таким образом разработана полная математическая модель для распылительного массообменного процесса в аппарате окончательной дистилляции, аналитическим методом изучено образование капель мисцеллы растительного масла, изменение её скорости и диаметра на элементах форсунки при использовании кинетической энергии острого пара, за счет одновременной подачи мисцеллы и острого пара, который способствует максимальному увеличению контактной поверхности фаз.

Кроме того, получили сертификат агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на полезную модель (FAP20160056/1)

ЛИТЕРАТУРА

1. J.Pöpkén, Simple Method for Determining the Location of Distillation Region Boundaries in Quaternary Systems, Ind. Eng. Chem. Res. 43 (2004) 777–783.
2. Д.Ю.Слабодчиков. Интенцификация процесса испарения летучих фракции из мисцеллы в окончательных дистилляторах с паравыми форсунками. Санкт Петербург. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. 2002 г.-С. 10-11.
3. Н. Yatim, P. Moszkowicz, M. Otterbein, P. Lang, Dynamic simulation of a batch extractive distillation process, Comput. Chem. Eng. 17 (S1), (1993) 57–62.
4. М.С.Нарзиев, Ф.Ю.Ҳабибов, Н.З.Шарипов. Пахта чигитидан ёғ ишлаб чиқаришдаги якуний дистилляциялаш аппаратларида фазалар гидродинамикасини ўрганиш // “Қишлоқ хўжалик маҳсулотларини ишлаб чиқариш, сақлаш ва қайта ишлашнинг тежамкор технологиялари ва уларнинг инновацион ечимлари” мавзусида Республика илмий ва илмий-техник анжумани. 2017. Фарғона. -21-23 б.
5. Ф.Ю.Ҳабибов, Ж.Жумаев, И.З.Мерожов. Исследование параметров первичного дробления мисцеллы в окончательных дистилляторах // “Саноат ва қишлоқ хўжалигининг долзарб муаммоларини ечишда

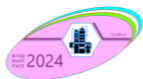


инновацион технологияларнинг аҳамияти” мавзусида Республика илмий-техника анжуманининг мақолалар тўплами. 26-27 апрел, 2019. -Қарши. - 64-66 б.

6. Flock A.K., Guildenbecher D.R., Chen J., Sojka P.E., Bauer H.J. Experimental statistics of droplet trajectory and air flow during aerodynamic fragmentation of liquid drops // Intern. J. of Multiphase Flow. 2012. Vol. 47. -P. 37–49.

7. С.М.Фролов, В.А.Сметанюк. Тепло- и массообмен капли с газовым потоком. // Химическая физика, 2006, том 25, № 4, с. 42-54.

8. А.С.Белоусов. Гидродинамика процессов с неоднородными структурами закрученных гетерогенных потоков в вихревых аппаратах. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. г.Москва. 2010.-С.109-162.



BARBOTAJLI QATLAMDA GAZ FAZASI HARAKATLANISH JARAYONINING MATEMATIK MODELI

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВОГО ФАЗА В БАРБОТАЖНОМ СЛОЕ

MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF MOVEMENT OF THE GAS PHASE IN THE BUBBLE LAYER

M.Narziyev PhD, c.t.n.,docent, Bukhara Engineering and Technology Institute, Uzbekistan, Bukhara E-mail: mirzo@inbox.ru

E. Rustamov PhD, docent, Bukhara Engineering and Technology Institute, Uzbekistan, Bukhara E-mail: relyor@inbox.ru

B. Muslimov PhD, docent, Bukhara Engineering and Technology Institute, Uzbekistan, Bukhara E-mail: mbobir@inbox.ru

Sh. Rakhmanov Teacher- trainee, Bukhara Engineering and Technology Institute, E-mail: raxmonovsher9@gmail.com

T. Toshpo`latov student of 706-21 TME Bukhara Engineering and Technology Institute, E-mail: tolib@inbox.ru

АННОТАЦИЯ. Maqolada yog'-moy sanoatida mitsellalarni o'tkir suv bug'lari bilan ishlov berishda mitsellalarning chegaraviy qatlam tenglamalari keltirilgan. O'simlik moylarini ishlab chiqarishda mitsellalarni qayta ishlash jarayonida ularni o'tkir suv bug'lari bilan barbotajlashda mitsellalarning sathi kerakli darajada bo'lishi muhim ahamiyatga ega. Agar mitsellaning sathi zarur bo'lganidan yuqori sathda bo'lsa, bu yengil uchuvchi komponentlarning chiqib ketishiga salbiy ta'sir qiladi, agar mitsella sathi zarur bo'lgandan ko'ra past sathda bo'lsa, bu jarayonning samaradorligi va iqtisodiy ko'rsatkichlariga salbiy ta'sir qiladi.

АННОТАЦИЯ. В статье представлены уравнения пограничного слоя мицелл в процессе обработки мицелл острым водяным паром в масложировой промышленности. При производстве растительных масел важно, чтобы мицеллы находились на необходимом уровне при барботировании их острым водяным паром в процессе обработки мицелл. Если уровень мицелл образования выше необходимого, это отрицательно скажется на выделении легких летучих компонентов, если уровень мицеллообразования ниже необходимого, это отрицательно скажется на эффективности процесса и экономических показателях.

ABSTRACT. This article presents the equations of the boundary layer of micelles during the process of processing the micelles with sharp water steam in the oil and fat industry. In the production of vegetable oils, it is important that the micelles must be at the required level when bubbling them with sharp water vapor during the processing of the micelles. If the micelle level is higher than necessary, this will negatively affect the release of light volatile components, if the micelle level is lower than necessary, this will negatively affect process efficiency and economic indicators.

Kalit so`zlar: bo'ylama tezlik, bo'ylama uzunlik, ko'ndalang uzunlik, chegaraviy qatlami, turbulent oqim.

Ключевые слова: продольная скорость, продольная длина, поперечная длина, пограничный слой, турбулентный поток.

Keywords: longitudinal speed, longitudinal length, transverse length, border layer, turbulent flow.

2024-yilning yanvar – iyun oylarida O'zbekiston korxonalari tomonidan 72,9 ming tonna o'simlik yog'i ishlab chiqarib, yil davomida mamlakatda ushbu turdagi mahsulotni ishlab chiqarish 18,2 foizga oshdi. Iyun oyida 3,1 ming tonna mahsulot ishlab chiqarildi.

2024 yilning birinchi yarim yil yakunlariga ko'ra, O'zbekiston xorijga \$19,7 mlnlik o'simlik va hayvon yog'larini yetkazib berdi, bu o'tgan yilga nisbatan 3,7 barobar ko'pdir. Bu esa bugungi kunda oziq-ovqat sanoatida o'simlik yog'ini ishlab chiqarish muhim o'rin egallaganligini anglatmoqda. Shu bois bugungi kun olimlari va muhandislari o'simlik moyi ishlab chiqarishning iqtisodli va optimal texnologiyalari va rejimlari ustida bosh qotirmoqdalar. Shu jumladan Buxoro

muhandislik-texnologiya instituti olimlari ham ilmiy izlanishlar olib bormoqdalar [1]. Ushbu izlanishlarning natijasi o`laroq izlanishlarimizda eritmalarini suyuqlik qatlamida inert gaz bilan haydashda fazalar gidrodinamikasini matematik modellashtirish maqsadida chegaraviy qatlam tenglamalaridan foydalanib, bizning holdagi oqimning chegaralarini va uzunligini baholashda quyidagi hususiy hosilali differensial tenglamalardan foydalanish mumkin [2,3,4]:

$$\frac{\partial(\rho \cdot u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho \cdot v)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left((v + v_t) \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (2)$$

$$\rho u \frac{\partial T}{\partial x} + \rho v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{1}{Pr} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \left((v + v_t) \frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad (3)$$

$$\rho u \frac{\partial C}{\partial x} + \rho v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{1}{Sc} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho \cdot (v + v_t) \cdot y \cdot \frac{\partial C}{\partial y} \right) \quad (4)$$

Ushbu tenglamalarda u –bo`ylama tezlik, v -ko`ndalang tezlik, ρ - zichlik, T – temperatura, v – molekulyar qovushoqlik, v_t - turbulent qovushoqlik, C – oqim konsentrasiyasi, Pr – Prandtl soni, Sc – Smidt soni. Boshlang`ich oqim konsentrasiyasi asosiy oqim va yo`ldosh oqim massalari bilan quyidagicha bog`lanadi[5.6]:

$$C = \frac{m_{gaz}}{m_{gaz} + m_{mas}} \quad (5)$$

Asosiy oqimda $m_{mas} = 0$ bo`lgani uchun $C=1$ bo`ladi, yo`ldosh oqimda esa $m_{gaz} = 0$ bo`lgani uchun $C=0$ bo`ladi. Ushbu qiymatlar konsentrasiya uchun chegaraviy shart sifatida qabul qilinadi.

Ideal gaz uchun Mendeleev-Klapeyron tenglamasidan foydalanib, oqim zichligi uchun yozishimiz mumkin:

$$\rho = \frac{p^{(0)}}{R \cdot T} \cdot \frac{m_{gaz} \cdot m_{mas}}{m_{gaz} + C \cdot (m_{mas} - m_{gaz})} \quad (6)$$

Turbulent qovushoqlik koeffitsientini hisoblash uchun bir parametrlil xususiy hosilali differensial tenglamadan foydalanamiz:

$$\rho u \cdot \frac{\partial v_t}{\partial x} + \rho v \cdot \frac{\partial v_t}{\partial y} = \frac{1}{y^n} \cdot \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\rho v_t y^n}{Pr_\varepsilon} \cdot \frac{\partial v_t}{\partial y} \right) + \rho v_t k_0 \cdot \left| \frac{\partial u}{\partial y} \right| + C_0 v_t \cdot \left(u \cdot \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial \rho}{\partial y} \right); \quad (7)$$

Effektiv (umumiy) qovushoqlik laminar va turbulent qovushoqliklar yig`indisiga teng:

$$v_{ef} = v + v_t \quad (8)$$

Keltirilgan tenglamalar sistemasi uchun chegaraviy shartlarni qo'yishda pastda keltirilgan shaklga murojaat qilamiz. Unda x-koordinata vertikal yo'naltirilgan bo'lib, koordinata boshida quvur joylashtirilgan. Koordinatalar boshi quvur markazida joylashtirilgan va oqim yuqoriga simmetrik ravishda yo'naladi deb hisoblaymiz, ya'ni unga yon atrofdan yo'ldosh oqim doirasida kuch ta'sir qilishi mumkin. Bunda biz x o'qining bir tomonini ko'rsak yetarli, chunki ikkinchi tomonidagi parametrlar ham xuddi shunday bo'ladi. Ushbu qabul qilishlarni hisobga olgan holda chegaraviy shartlarni umumiy holda quyidagicha yozish mumkin[7,8]:

$$x = 0 : \begin{cases} u = u_1, v = 0, \rho = \rho_1, T = T_1, C = 1, v_t = v_1 & 0 \leq y \leq a \text{ da} \\ u = u_2, \vartheta = 0, \rho = \rho_1, T = T_1, C = 0, v_t = v_1 & 1 < y < y_\infty \end{cases} \quad (9)$$

$$x > 0 : \begin{cases} \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial v_t}{\partial y} = 0 & y = 0 \text{ da} \\ u \rightarrow u_2, T \rightarrow T_2, \vartheta \rightarrow 0, C \rightarrow 0_1, & y \rightarrow y_\infty \end{cases}$$

(2.15) dan ko'rinadiki, 1 indeks bilan quvurdan chiquvchi komponentlar kattaliklari, 2 indeks bilan yo'ldosh oqim kattaliklari belgilangan [5].

Xulosa. Soplodan chiqayotgan suv bug'i oqimining yog'-benzin aralashmali sohada tarqalishida uning chegaralarini aniqlash muhim masala hisoblanadi. Turbulent oqim va tashqi soha bizning misolda turli suyuqliklar bo'lgani uchun ularning o'zaro ta'sirini chegaradagi qovushoqlik kuchi sifatida tasavvur qilish mumkin.

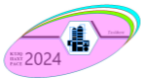
Turbulent oqimlarda harakat molekulyar qovushoqlikka bog'liqligi kam bo'lgani uchun o'lchov nazariyasidan kelib chiqadiki, bu kuch asosiy oqim va tashqi muhit tezliklarining biror kombinatsiyasi bilan bog'liq va x o'qi bo'ylab turbulent suyuqlik uchun massa balansi tenglamasini quyidagicha yozish mumkin[7]:

$$\frac{d(\rho u r^2)}{dx} = 2 \cdot v_c \cdot \rho_\infty \cdot r \quad (10)$$

Ushbu balans tenglamasidan foydalanib x o'qi bo'ylab oqim ko'ndalang chegarasi kengligi r ni topib borish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. [O'zbekistonda qancha o'simlik yog'i ishlab chiqarilgan \(kursiv.media\).](#)
2. М.С. Нарзиев, Ф.Ю. Хабибов, Д.С. Каримова Разработка системы управления процессом окончательной дистилляции мисцеллы хлопкового масла на основе адекватной математической модели // Международная научно-практическая конференция “Интеграция современных научных исследований в развитие общества” I- том. 28-29 декабр, 2016. Кемерово. - С. 41-44.
3. M.S. Narzиеv, O.R. Abdurakhmanov, F.Y. Khabibov, Karimova, D. sh. Investigation of flow hydrodynamic structures in the final distillation of a cotton miccella. "Problems and prospects of development of innovative cooperation in research and training." Bukhara. 2017.- Pp. 52-53.№ 8 (125)
4. М.С. Нарзиев, О.Р.Абдурахмонов, Ф.Ю.Хабибов. Системный анализ технологического процесса окончательной дистилляции мисцеллы хлопкового масла // Научно-технический журнал “Развитие науки и технологий”. -Бухара. 2017. №3. - С. 5-10.

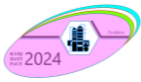


5. М.С. Нарзиев, Ф.Ю. Хабибов, Б.И. Рустамов. Системный анализ аппаратов окончательной дистилляции растительных масел и разработка новой конструкции распылительной форсунки для массообменных аппаратов // Научно-технический журнал “Развитие науки и технологий”.- Бухара. 2018. №1. -122-129 б.

6. M.S. Narziev, R.B. G'oyibov, F.Yu. Xabibov, D.Sh. Karimova, S.M. Sattorov. Jondor EVRO SNAR o'simlik yog'i ishlab chiqarish zavodidagi yakuniy distillyatsiya jarayonining avtomatik boshqaruvini takomillashtirish. // Fan va texnologiyalar taraqqiyoti jurnali. - Buxoro. 2018. №2. -126-135 b

7. Sh.B. Raxmonov. Calculation of the smooth distribution of sharp steam supplied in a bubble-type mass exchange apparatus over the sectional surface of the apparatus// Universum: Технические науки, Выпуск: 11(116) Ноябрь 2023, ст. 18-20.

8. E.S. Rustamov, Sh.B. Raxmonov. Studying gas phase flow based on the boundary layer theory// Universum: Технические науки, Выпуск: 8(125) Август 2024, ст. 35-38.



NEFTNI BIRLAMCHI HAYDASH UCHUN REKTIFIKATION KOLONNANING ASOSIY TEXNOLOGIK PARAMETRLARINI AVTOMATIK ROSTLASH TIZIMINI SHAKLLANTIRISH MASALALARI

¹**Boboyorov Ravshan Otabekovich, t.f.n., prof.,** ²*Daniyarova Charos Turdaliyevna,*
magistrant, ³**Nuriev Javid Ismoil o‘g‘li, mustaqil-tadqiqotchi**

¹*Toshkent kimyo-texnologiya instituti, Toshkent, O‘zbekiston, ye-mail: boboyorovrovshan@gmail.com
orcid. 0000-0002-5929-8986, tel+998935353735*

²*Toshkent kimyo-texnologiya instituti, Toshkent, O‘zbekiston*

³*Toshkent kimyo-texnologiya instituti, Toshkent, O‘zbekiston*

АННОТАЦИЯ. В статье рассматриваются вопросы автоматического регулирования основных параметров процесса первичной перегонки нефти, осуществляемый в ректификационных колоннах тарельчатого типа. Выделены следующие основные технологические параметры ректификационной колонны: давление и температурный режим в колонне, расход сырья. Также определены влияющие факторы на эффективность процесса ректификации. Описаны методы автоматического регулирования основных параметров процесса первичной перегонки нефти.

ANNOTATION. The article considers the issues of automatic regulation of the main parameters of the primary distillation process of oil, carried out in plate-type rectification columns. The following main technological parameters of the rectification column are identified: pressure and temperature conditions in the column, feedstock consumption. The factors influencing the efficiency of the rectification process are also determined. The methods of automatic regulation of the main parameters of the primary distillation process of oil are described.

Kalit so‘zlar: neftni haydash, sifat ko‘rsatkichlari, jarayon parametrlari, rektifikasiya kolonnasi, bosim, harorat rejimi, sarf, distillyat, avtomatik rostlash.

Ключевые слова: перегонка нефти, качественные показатели, параметры процесса, ректификационная колонна, давление, температурный режим, расход, дистиллят, автоматическое регулирование.

Key words: oil distillation, quality indicators, process parameters, distillation column, pressure, temperature conditions, flow rate, distillate, automatic control.

Zamonaviy texnologik jarayonni avtomatik boshqaruv tizimlarisiz tasavvur qilib bo‘lmaydi. Bunday tizimlardan to‘g‘ri foydalanish orqali ma‘lum bir uzel uchun ham, umuman texnologik jarayon uchun ham optimal ish parametrlariga erishish mumkin.

Birlamchi qayta ishlashning asosiy texnologik uzellaridan biri uglevodorod xomashyosini haydash jarayonidir. Bu asosan yuqori texnologiyali ishlab chiqarish liniyasining bir qismidir. Mahsulotlarning sifati neft va gaz kondensati aralashmalarini rektifikasiya qilish jarayonining texnologik parametrlarini rostlashning to‘g‘riligiga bog‘liq.

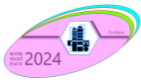
Asosiy sifat ko‘rsatkichlari butun tizimning ishonchli va uzluksiz ishlashini ta‘minlaydigan talablarga bo‘ysunadi. Har bir texnologik qayta ishlash jarayoni yakuniy mahsulotning tegishli sifat ko‘rsatkichlarini ta‘minlaydigan ma‘lum texnologik parametrlar bilan tavsiflanadi. Mahsulot sifati va ishlashi uchun ushbu talablarga har doim qat‘iy rioya qilish kerak.

Neftni birlamchi haydash uchun rektifikasiyon kolonnaning ishlashining asosiy texnologik parametrlariga quyidagilar kiradi:

- kolonnadagi bosim;
- kolonnaning harorat rejimi;
- xom ashyo va mahsulot oqimlarining sarflanishi;
- qurilmalar va idishlardagi suyuqlik sathi.

Rektifikasiyon kolonnaning ish parametrlari odatdagi texnologik rejimdan chetga chiqib, ko‘proq yoki kamroq keng chegaralarda o‘zgarishi mumkin. Kerakli parametrlarni saqlash va berilgan qiymatdan chetga chiqqan rejim parametrlarini tiklash avtomatik boshqaruv tizimi tomonidan amalga oshiriladi.

Uskunaning ishlashini avtomatik tartibga solish va nazorat qilish nazorat o‘lchov asboblari va avtomatlashtirishning texnik vositalari yordamida amalga oshiriladi. Bularga



harorat, bosim, oqim tezligi, suyuqlik sathi, elektr mashinalarining parametrlarini, neft, gazlar va hosil bo'lgan mahsulotlar oqimlarining xususiyatlari (zichlik, porlash nuqtasi, fraksiylar tarkibi, qovushqoqligi va boshqalar), shuningdek avtomatik signalizatsiya, blokirovkalash va xabar berish uskunalari (yorug'likli yoki ovozli) avtomatik kuzatish, nazorat qilish va rostlash qurilmalari kiradi.

Olingan mahsulotlarning distillatlarining chiqishi va sifati quyidagilar bilan belgilanadi:

- xom ashyoning fraksion tarkibi;
- kolonnaning namlanganlik miqdori;
- kontrakt tarelkalari soni soni nasadkali paketlarining balandligi va ularning soni;
- kolonnaga berilayotgan va undan chiqarilgan issiqlik miqdori.

Tegishli mahsulotlarning sifatini ta'minlash uchun rektifikatsion kolonnaning yuqori va pastki qismidagi haroratni nazorat qilish sxemalari o'zaro bog'langan tizimni tashkil qiladi. Misol uchun kolonnaning yuqori qismiga namlash ta'minotining oshishi butun kolonnaning issiqlik balansiga ta'sir qiladi.

Ishlab chiqarishning avtomatlashtirishning asosiy negizi ish joylarni o'zgartirish, bu texnologik jarayonning eng muhim yo'nalishlaridan biridir. Neft va gaz ishlab chikarish tarmogidada texnika va texnologiyalarni rivojlantirishni, ishlab turgan va yangi qurilayotgan korxonalarni quvvati ko'payish nazorat qilish boshkaruvni hisoblash texnikasi keng qo'llab, kompleks avtomatlashtirish kiritishni talab qilyapti.

Avtomatlashtirish ishlab chiqarish jarayonlarini jadallashtirish, unumdorligini oshirish va yuqori sifatli mahsulot olishni, asosiy va yordamchi texnologik jarayonlari xavfsiz ishlashini ta'minlaydi. Lokal va avtomatik boshqarish sistemalari katta ahamiyatga ega bulib, axborot va boshqarish funksiyalarini me'yorida faoliyat ko'rsatishini ta'minlaydi.

Axborot funksiyalarning vazifasi - axborotni texnik parametrlarini o'lchash, uzatish, tayyorlash va ko'rsatishlardan iborat.

Boshqarish funksiyalar vazifasi - hisob va uzatish, boshqaruvchi mexanizmga ta'sir ko'rsatish boshqaruvidan iborat bo'lib, sifatli mahsulot olinishida berilgan qiymatlarni saqlab turishdan iborat.

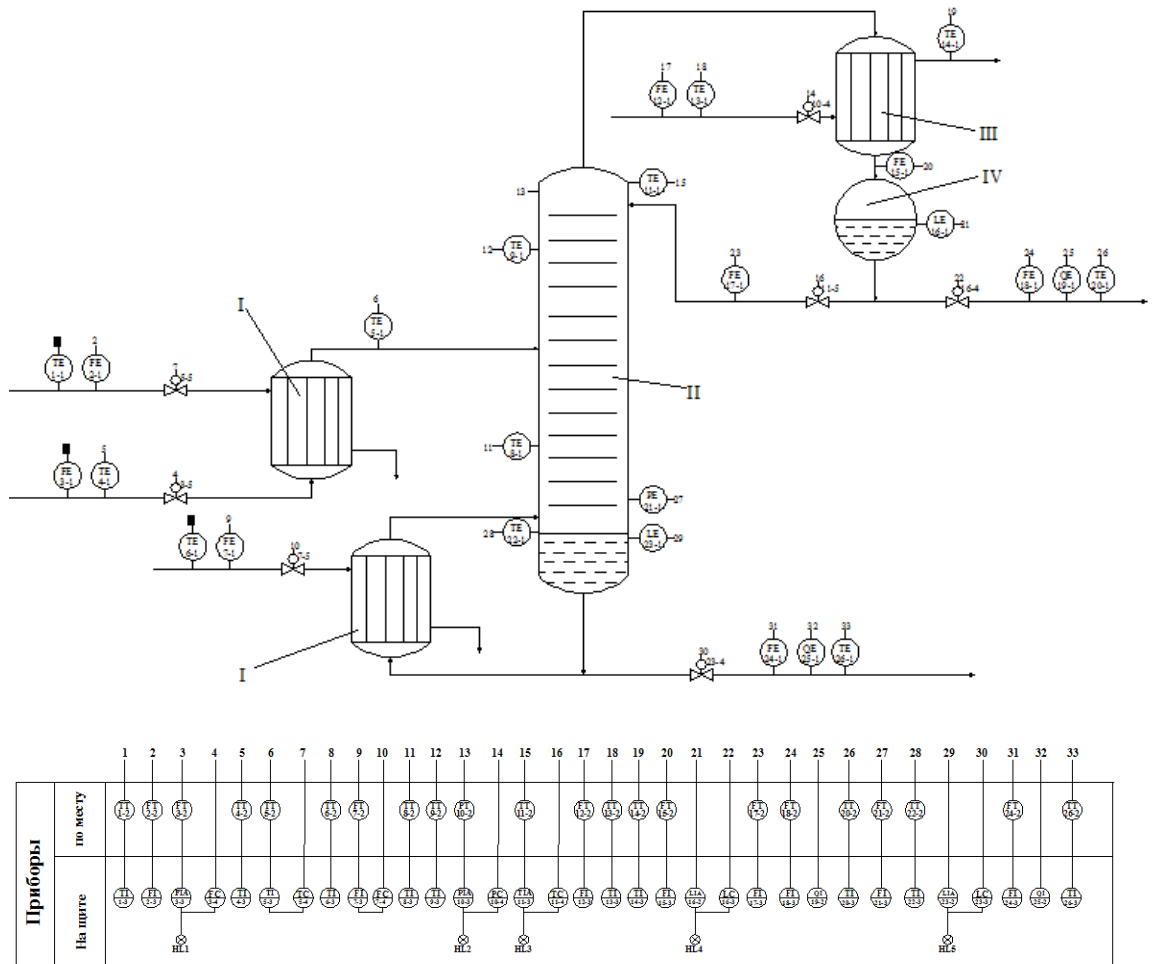
1-kolonnaning yuqori qismidagi bug'lar havo sovutadigan kondensatorga 2 kiradi, so'ngra gaz-bug'-suyuqlik aralashmasi suvli keyingi sovutgichga 3 o'tadi, shundan so'ng u ajratuvchi idishga (separatorga) 4 kiradi, bu erda kondensatsiyalanmagan gaz uglevodoroddan ajratiladi va 0,2 - 200 kPa o'lchov diapazoniga ega bo'lgan elektr kontaktli bosim o'lchagich orqali quvur 5 orqali chiqariladi (10-1-poz).

Barcha jihozlardagi bosim distillatning qoldiq bug 'bosimi bilan belgilanadi va 3-sovutgichda qo'shimcha sovutish va kondensatsiyadan keyingi haroratga bog'liq.

Separator idishida 4 uglevodorod kondensatidan suv ajratiladi. Suv idishning pastki qismida to'planadi va sig'im darajasi o'lchagich indikatorining sensori (16-1-pozitsiya) bo'yicha V chiziq orqali tizimdan chiqariladi, suv sathining holati to'g'risida ma'lumot sig'imli sath o'lchagichning signalizatoriga (16-2-poz) yuboriladi.

Kolonnaning yuqori qismidagi harorat termoelektrik qarshilik termometrlari (1-1-poz., 1-2-poz.) va suyuq kristall displeyli harorat qiymatini ko'rsatadigan qurilma (1-3-poz.) bilan o'lchanadi.

Distillat sathi 4-20 Ma chiqish signaliga ega bo'lgan elektrik rostlagich (16-5 pozitsiyasi), REVSA tipidagi elektrik ijrochi qurilma (16-6 pozitsiya) bilan rostlanadi.



Distillatni ajratuvchi idishdan ishonchli olib tashlashni ta'minlash uchun vertikal bo'linma o'rnatilgan bo'lib, u orqali suvsizlangan distillat nasos 6 ning kirish qismiga kiradi, u sug'orishni 7-liniya orqali ustunning yuqori tarekasi ga etkazib beradi.

Nasadka kolonnalariga namlashtirish maxsus kollektor 9 orqali kiritiladi, bu apparatning ko'ndalang kesimi bo'ylab nasadkaning bir xil namlanishini ta'minlaydi.

Distillatning balans miqdori 8-liniya orqali chiqariladi, u 4-idishdan sath to'g'risidagi signalini (23-1-poz) qabul qiluvchi asbob (23-2-poz) bilan rostlanadi.

Oqimlardagi distillyatning sifatini aniqlovchi analizatorlar rostlash inersiyaligini kamaytirish uchun oqimning sifatni operativ nazorat qilish imkoni mavjud bo'lgan joyida o'rnatiladi.

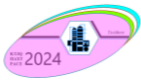
Shunday qilib, yuqori distillat tizimini avtomatik nazorat qilish va rostlash (16-4, 16-5, 17-1, 17-1, 17-2, 18-1, poz. 18- 2, poz. 19-1, poz. 19-2) distillash kolonnaning oqimi va namlikning yuqori sifatli mahsulot ishlab chiqarishga va distillash moslamasining ishonchliligiga yordam beradi.

Adabiyotlar ro'yxati:

1. Norman S. Nise. CONTROL SYSTEMS ENGINEERING. California State Polytechnic University, Pomona. — Seventh edition. Printed in the United States of America, 2015. – 944 p.

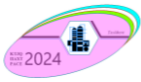
2. Tian Seng Ng. Real Time Control Engineering Systems and Automation. Springer Science + Business Media Singapore 2016. – 192 p.

3. Бобоёров Р.О. Усманов К.И., Унгдаева Д.У., Таджибаева Д.А. Вопросы автоматического регулирования основных параметров процесса абсорции при производстве серной кислоты. Journal of food science, 2024/February. P.40-47/ ISSN:2181-385 X



Xalqaro ilmiy – amaliy konferentsiya
“Sanoat tarmoqlarida texnologik jarayon va qurilmalarning dolzarb masalalari va uning istiqbollari” KTJQ – 2024. Tashkent – 2024, 27 – 28 sentyabr

4. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа. Учеб.пособие для вузов.2-е изд.-М:Химия, 2001, 568с.



О КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ. ОХЛАЖДЕНИЕ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ В ГРАДИРНЕ

Артиков А.¹, Хужакулова Д., Дронов Д.М.²

¹Ташкенский химико-технологический институт orcid. 0000-0003-0883-2234, тел+9989931853030
²Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция»

Аннотация. На основе системного мышления детально проанализирован градирня, охладитель воды открытого типа, одного из видов теплообменного оборудования используемый в технологических процессах на промышленных предприятиях. Основной принцип работы градирни заключается в охлаждении объема жидкости направленным потоком наружного воздуха. В зависимости от способа контакта охлаждающей жидкости с наружным воздухом градирни разделяют на открытые, закрытые и гибридные.

Нами рассмотрены вопросы анализа вертикальной теплообменной градирни, путем конкретизации понятий системного мышления, системного подхода, системного анализа и многоступенчатого анализа, а также поиска оптимального решения. Решение, удовлетворяющее поставленному требованию, считается оптимальным. Объединяя компьютерные модели процессов для квазиаппаратов распылительной, пленочной и нижней зоны получена компьютерная модель процессов для всей градирни. Последовательно создавая и решая модели для рабочей зоны градирни, рассчитан сам процесс, протекающий непосредственно в градирне. В компьютерной модели теплообменной охладителя открытого типа рассчитан процесс перехода температуры воды в зависимости от времени, в динамике процесса температура воды от 30⁰С гиперболически снижается до 27⁰С. Это позволяет определить основные параметры процесса и рассчитать оптимальный аппарат градирню надлежащего качества.

Ключевые слова: моделирование, компьютерная модель, квазиаппарат, тепло-массообмен, градирня, охлаждение, оборотной воды

Введение. Градирни – это один из видов теплообменного оборудования, который используется в технологических процессах на промышленных предприятиях. Чаще всего в качестве рабочего тела используется вода [1]. Охлаждение оборотной воды необходимо для сброса теплоты с технологического оборудования. Основной принцип работы заключается в охлаждении объема жидкости направленным потоком наружного воздуха [2]. В зависимости от способа контакта охлаждающей жидкости с наружным воздухом градирни разделяют на три типа: открытые, закрытые и гибридные [3].

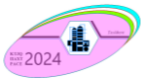
1. В открытых градирнях происходит непосредственный контакт оборотной воды и наружного воздуха. Вода с более высокой температурой подается в форсунки для разбрызгивания. В результате соприкосновения воздуха с более мелкими фракциями воды происходит процесс охлаждения. Чаще всего мокрые вентиляторные градирни открытого типа применяются на крупных промышленных производствах, в локальных производственных и технологических процессах [4].

2. В закрытых градирнях не происходит контакта воздуха с охлаждаемой жидкостью. Благодаря такому взаимодействию исключается попадание в контур различного мусора и загрязнений. В отличие от открытых градирен, в качестве рабочего тела может выступать как вода, так и растворы гликоля, эмульсии и другие жидкие среды [3].

Также как в закрытых градирнях, отсутствует непосредственный контакт воздуха с охлаждаемой средой. Главное отличие гибридных градирен от закрытых градирен – наличие сотового оросителя. [3]:

Кратко о системном мышлении и анализе градирни. Изучение текущего состояния сложного технологического процесса градирни благоприятно по системному мышлению. Последние позволяют получить достоверные текущие данные и результаты о процессе, правильно оценить возможность повышения эффективности, степень использования сырьевых ресурсов, снижения энергопотребления в производстве и предложить приемлемую систему исследования.

Нами рассмотрены вопросы развития анализа установки градирни путем конкретизации понятий системного мышления [5], системного подхода, системного анализа и многоступенчатого анализа и определена их последовательность.



В целом, системный анализ и синтез системы градирни выполняется в следующей последовательности:

Первая ступень (системное мышление и анализ) предварительно выбирается объект, изучается выбранный объект, градирня, состоящий из элемента – системы и процесса. Формируются требования; в каждой системе - элементе градирни происходит множество процессов, из которых выбираются те процессы, которые необходимы для правильного принятия решения данной задачи; определяются входные и выходные параметры, как системы, так и исследуемого процесса. определяются взаимосвязи параметров, в большинстве случаев, требующих углубления в исследование системы градирни.

Входными параметрами градирня является расход горячей воды, температура горячей воды расход воздуха, температура воздуха и влажность воздуха кроме этого входные параметры будут показатели самой градирня физической показателей его размеры входные, выходные площади высота, ширина и т.д. В зависимости от степени расчеты сначала процессы потом принципе расчета самой градирня. Для более точного анализа и расчета процесса градирня необходимо перейти к расчетам по данным градирни из уравнений в виде других математических описаний, более лучшим в настоящее время является создание математической и компьютерной моделей сначала процесса самого объекта, градирни охлаждения оборотной воды.

Вторая ступень (Определение взаимосвязи параметров)

Здесь по виду градирни охлаждения оборотной воды и содержания поставленной задачи исследователь может воспользоваться большим арсеналом способов той отрасли, в которой ведется исследование. Определение количественного соотношения параметров требует применения математических выражений, что приводит к обращению к математическим или компьютерным моделям процесса градирни охлаждения оборотной воды.

Скорее всего построение математической моделей и компьютерной моделей процесса градирни охлаждения оборотной воды требуется войти в это физический объект который имеет ряд элементов устройств подвода воды, каждый элемент будет иметь свои входные или выходные параметры. Рассматривая каждое устройство, можно рассмотреть, например, кран, где входным параметром является давление воды до крана, а потом степень открытия крана — это тоже входной параметр, выходной параметр крана, и давление после крана и выходным параметром этого устройства будет расход воды. А для устройства подачи воздуха здесь может быть имеет дело компресса, входным параметром компрессора является энергии подаваемой компрессору, а выходным параметром является расход воздуха и соответственно давление тоже. Самое главное иметь определенную расход воздуха, а здесь есть главные элементы, градирни разделяется на распылительную зону, пленочную зону, нижнюю зону, объединяя можно вывести все еще на один ступень верх по иерархической ступени градирни охлаждения оборотной воды.

Третья ступень (Выбор оптимального решения)

Здесь уточняются и конкретизируются требования на основе системного анализа. Выбираются критерии оптимизации, как для первичной системы, так и для подсистем каждой иерархической ступени. Выбирается способ поиска оптимального решения. Определяется оптимальное решение. В большинстве случаев расчет критериев оптимизации по компьютерным моделям можно провести по методу направленного случайного поиска. На основе функции цели осуществляется расчет по выбранной методике поиска. Решение, удовлетворяющее поставленного требования, считается оптимальным [14].

Анализ можно начинать с распылительной зоны. Она состоит из зоны распыления и зоны массообмена, а зона массообмена состоит из воздуха и жидкости, через зону проходит воздух, его обычно называют квазиаппаратом. воздух имеет непрерывный характер движения, а жидкость разделяется по распылительной зоне в виде капелек.

Разработана математическая модель процесса тепло-массообмена контактного аппарата (испарительная градирня охлаждения оборотной воды). Математическая модель включает уравнения сохранения массы и энергии для потоков теплоносителей, т.е. паровоздушной смеси и охлаждаемой воды, а также уравнения тепло-массообмена между фазами с учетом влияния поперечного потока массы на интенсивность переноса.

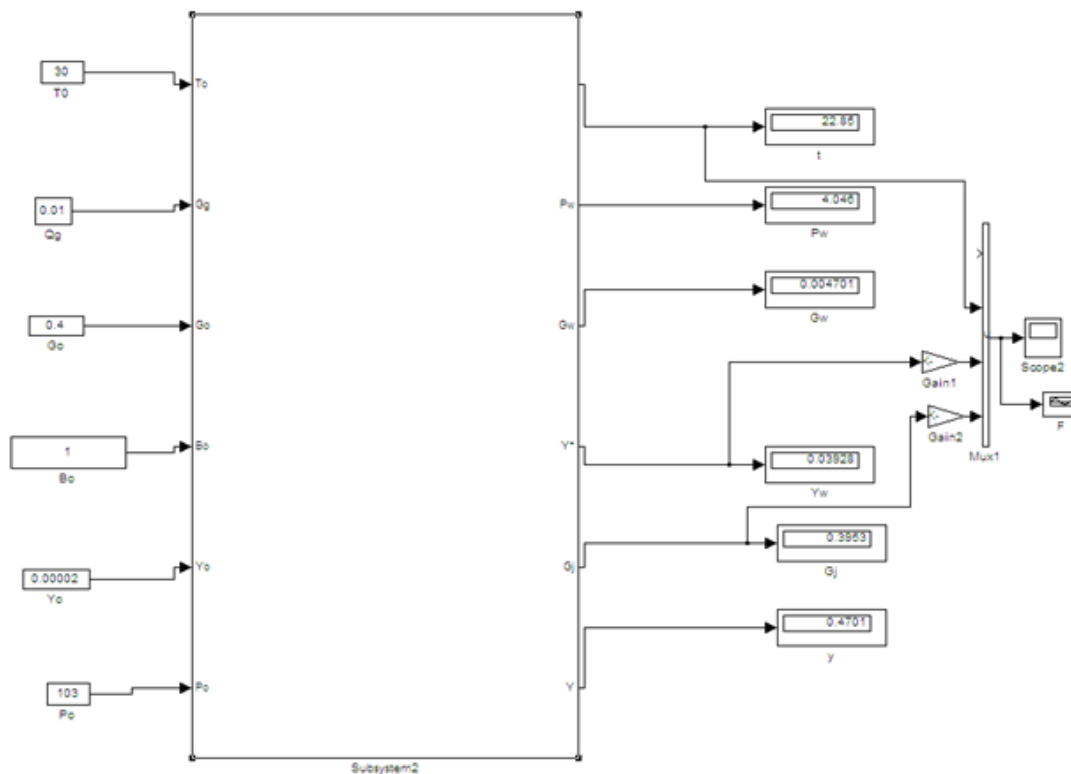
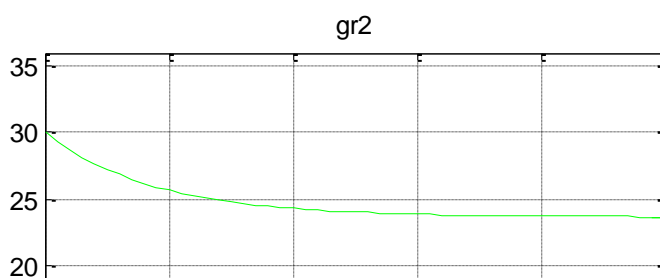


Рис.1. Компьютерная модель тепломассообменного процесса в градирне

Компьютерная модель тепломассообменного процесса градирни представлен на рис.1. Математическая модель включает также уравнения для сопротивления и естественной тяги с целью расчета скорости потока воздуха.

Методом численных экспериментов исследованы: - характерные режимы установок испарительного охлаждения и проанализированы характерные распределения температур, концентраций, потоков по высоте насадки; - влияние конструктивных параметров - высоты насадки и ширины каналов - на охлаждающую способность градирни. В обоих случаях найдены оптимальные значения, при которых температура охлаждаемой воды достигает минимума. Это позволяет определить основные моменты при необходимости определить оптимального процесса и рассчитать оптимального аппарата - градирни На рис.5 показана кривая переходного процесса одного из вариантов расчета градирни, показывающая зависимость динамики изменения температуры по времени. С течением времени динамика изменения температура воды гиперболически снижается. Для рассчитываемого случая температура воды снижается от 30⁰С до 27⁰С



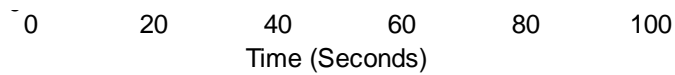


Рис.5. кривая переходного процесса показывающая зависимость динамику изменения температуры по времени.

Выводы. В работе приведены результаты исследования и моделирования тепловых процессов, приводящих к интенсификации тепло-массообмена и энергосбережению в технологических оборудовании охлаждение оборотной воды. Проведено математическое моделирование динамического процесса технологической линии испарения воды и компьютерное исследование динамики процесса, к примеру, в насадочном аппарате при различных гидродинамических структурах.

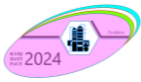
Разработанная математическая модель тепло-массообмена в градирни включает уравнения сохранения массы и энергии для потоков теплоносителей, т.е. паровоздушной смеси и охлаждаемой воды, а также уравнения тепло-массообмена между ними с учетом влияния потока массы на интенсивность переноса, также уравнения для сопротивления и естественной тяги с целью расчета скорости потока воздуха.

Методом численных экспериментов исследованы: - характерные режимы установок испарительного охлаждения и проанализированы характерные распределения температур, влияние конструктивных параметров на охлаждающую способность градирни. Расчитана кривая переходного процесса одного из вариантов расчета характеризующий динамику изменения температуры по времени градирни, динамика изменения температура воды от 30⁰С гиперболически снижается до 27⁰С.

Разработаны рекомендации, позволяющие должным образом рассчитать процесс градирни, определить оптимального процесса и рассчитать оптимального аппарата градирни.

Литература

1. Подольнич В.П. Обзорный анализ различных видов градирен. Актуальные проблемы энергетика. 2017. С. 436-439
2. Переселков А. Р., Круглякова О. В. Расчеты вентиляторных градирен: метод. указания для курсового и дипломного проектирования : спец. 144 "Теплоэнергетика" всех форм обуч. Харьковский политехнический ин-т, нац. техн. ун-т. – Харьков : НТУ "ХПИ", 2016. С. 56-57.
3. Лаптев А.Г., Ведьгаева И.А. Устройство и расчет промышленных градирен. Монография. Казань: КГЭУ, 2004. С. 10-18.
4. Пономаренко В. С., Арефьев Ю. И. Градирни промышленных и энергетических предприятий: Справочное пособие/ Под общ. ред. В. С. Пономаренко. - М.: Энергоатомиздат: 1998. - 376 с
5. А. Артиков. Системное мышление в процессе создания и управления инженерными технологиями. Учебное пособие. Под редакцией Ю. Н.Абдуллаева. Ташкент – 2023.216 стр.



МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИНЖЕНЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО МЫШЛЕНИЯ

Артиков А.

Ташкенский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан e-mail:
artiqof@rambler.ru orcid. 0000-0003-0883-2234, тел+9989931853030

Аннотация. В докладе на примерах инженерной технологии разъясняется методология системного мышления включающего три этапа последовательного выполнения. Конкретизируются понятия системного мышления, системного подхода, системного анализа в исследовании субстанций инженерной технологии. Существует более четырех тенденций классифицирования системного анализа. Разъяснены подходы к системному мышлению, системному анализу и многоступенчатому анализу субстанции.

Как в жизни, так и в выборе любой системы окончательное решение принимает сам человек. Если исследуемую субстанцию инженерной технологии, подвергаемую методам системного анализа, называть реальной сущностью или в дальнейшем просто объектом, то в большинстве случаев по ходу проведения анализа мы как бы незаметно проникаем внутрь самой субстанции.

Интересным примером показано применение метода многоступенчатого мышления при анализе и построении математической модели трубчатого теплообменника с паровым обогревом. Рассчитаны динамики пускового периода трубчатого теплообменника – изменения температуры, нагреваемого и нагревающего агентов по времени квазиаппаратов в противоточном теплообменнике. характеры изменения температур по квазиаппаратам, по длине теплообменника температура холодной жидкости гиперболически увеличивается, а температура горячей жидкости гиперболически уменьшается. С увеличением количества квазиаппаратов точность модели увеличивается. Можно выбрать оптимальную длину трубы квазиаппарата, тем самым и общих размеров теплообменника. Эта методика позволяет более точно рассчитать процесс и систему теплообмена.

Ключевые слова: инженерной технологии, мышление, Многоступенчатый, формализация, математическая, компьютерная модель

Введение. В мыслительной деятельности специалиста технического профиля анализ проблемы инженерной технологии требует больше всего логического мышления. В связи с этим, наиболее важно понять преимущество взгляда на исследуемую субстанцию, объекта (субстанция (*лат. substantia — сущность*)) именно с позиций системного мышления.

Как в жизни, так и в выборе любой системы окончательное решение принимает сам человек. Если исследуемую субстанцию инженерной технологии, подвергаемую методам системного анализа, называть реальной сущностью или в дальнейшем просто объектом, то в большинстве случаев по ходу проведения анализа мы как бы незаметно проникаем внутрь самой субстанции. Иногда, в процессе анализа получаем в достаточной степени удовлетворительный результат, а иногда, - выявленный результат окажется недостаточно приемлемым, и тогда неизбежно вновь и вновь возвращаемся к анализу данной проблемы. Для получения правильных решений исследователь обращается к различным подходам мышления.

Мозг человека XXI века **отличается наличием состояния двух видов мышления.**

Первый вид мышления – это, если можно так выразиться, **пассивное или бесполезное мышление.** Исследователи, добиваясь успокоения ума, переходя **ко второму виду мышления**, достигают определенных успехов, может перейти к системному мышлению. Когда говорим **о системном мышлении**, то, после выбора задания, исследователи используют метод для анализа и нахождения оптимального решения в субстанции.

В определении самого понятия система [1-7] можно обнаружить достаточно много вариантов, часть из которых базируется на глубоко философских подходах, а другая – использует обыденные обстоятельства, побуждающие исследователя к решению практических задач системного плана. Много говорится о преимуществах системного анализа, при этом считается, как будто читатель-исследователь в основном уже знает и применяет приёмы системного анализа. Хотя до сих пор не предложена достаточно четкая

методика выполнения системного анализа. Существует много тенденций развития системного анализа.

В статье разъяснены подходы к системному мышлению, системному анализу и многоступенчатому анализу субстанции. Рекомендованы способы выполнения системного мышления, анализа, моделирования и поиска оптимальных решений [8-12].

Многоступенчатый подход к формализации математической и компьютерной модели

Отличительной особенностью моделирования сложных систем является его многофункциональность и многообразие способов использования; оно становится неотъемлемой частью всего жизненного цикла системы. Объясняется это в первую очередь технологичностью моделей, реализованных на базе средств вычислительной техники: достаточно высокой скоростью получения результатов моделирования и их сравнительно невысокой стоимости.

Многоступенчатый подход математического моделирования имеющий существенный эффект при формализации компьютерной модели. заключается в следующем:

1. Анализ и формализация математических описаний начинается с процессов системы на выбранной глубине иерархического уровня анализа.

2. Для процессов на этом уровне формализуются математические описания, разрабатывается алгоритм расчёта и создается компьютерная модель процесса на данном уровне.

3. На следующем этапе, агрегируя полученные алгоритмические блоки нижестоящего уровня (с учетом взаимосвязей рассмотренных компьютерных моделей процессов), формализуются математические описания и компьютерные модели процессов следующего вышестоящего уровня и т.д.

4. В конечном итоге операция завершается объединением всех компьютерных программ. Это позволяет представить формализацию компьютерной модели процессов, рассматриваемой основной системы.

5. Проведением экспериментов на физической модели осуществляется корректировка модели и проверка ее на адекватность. Модель, имеющая удовлетворительную согласованность с оригиналом, считается достоверной и готовой к проведению исследований на ней.

Благодаря полученной методике, компьютерная модель позволяет за считанные секунды автоматически рассчитывать показатели процесса и системы.

Нами показано иерархическое углубление мышления в анализе и определении оптимальных решений объектов инженерной технологии. В частности:

- объектов механической переработки сырья (на примере перемешивания и измельчения) на двух-трех иерархических уровнях;
- теплообменные системы на трех-четырёх иерархических уровнях;
- объекты дистилляции, сушки, ректификации на пяти-шести иерархических уровнях,
- биотепломассообменные объекты на шести-девяти иерархических уровнях.

Развитие предлагаемого нами подхода последовательно осуществлялось в монографиях и учебных пособиях.

Интересный пример. Многоступенчатое мышление при анализе и построении математической модели трубчатого теплообменника с паровым обогревом.

Использование метода многоступенчатого мышления для трубчатого теплообменника дает возможность рассмотреть глубинные явления в нем.

На первом иерархическом уровне рассматривается теплообменник в виде системы с процессом теплообмена, определяются входные и выходные параметры системы.

На втором иерархическом уровне учитывается, что установка состоит из элементов подвода нагреваемого и нагревающего агентов, рабочей зоны и зон отвода агентов. Определяются показатели – входные и выходные параметры каждой подсистемы.

На третьем иерархическом уровне длинную рабочую зону теплообменника можно представить многоквазиаппаратной системой. Здесь определяются показатели – входные и выходные параметры каждой подсистемы – квазиаппарата.

На четвертом иерархическом уровне каждый квазиаппарат можно представить как систему, состоящую из: греющей камеры, стенки трубы и внутренней части нагревательной трубы. Здесь определяются показатели – входные и выходные параметры каждой подсистемы.

В пятой иерархической ступени греющую камеру можно расчленить на три подсистемы: фаза пара, фаза конденсата, стенка корпуса. Определяются показатели – входные и выходные параметры каждой подсистемы.

Демонстрируем многоступенчатый анализ и расчет процессов в рабочей зоне кожехотрубного теплообменника. Упрощенный вид с мысленными делениями показан на

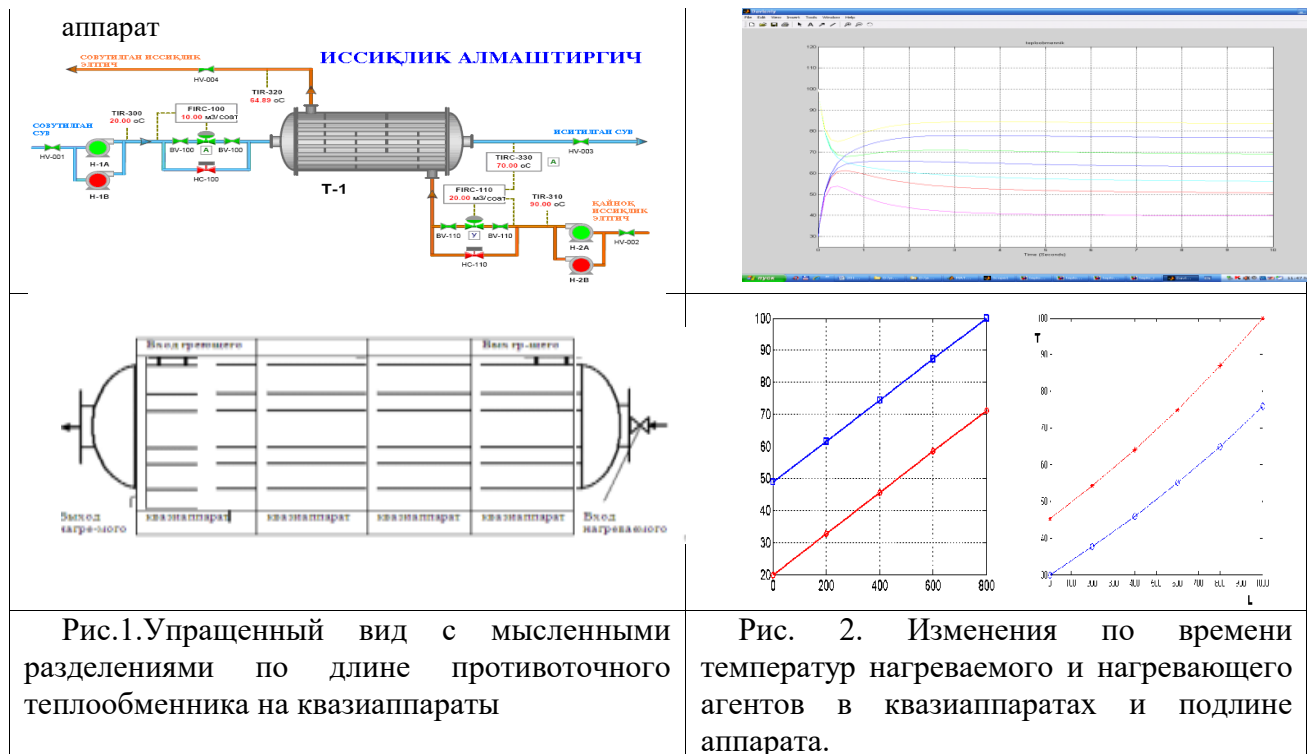


Рис.1. Упрощенный вид с мысленными делениями по длине противоточного теплообменника на квазиаппараты

Рис. 2. Изменения по времени температур нагреваемого и нагревающего агентов в квазиаппаратах и подлине аппарата.

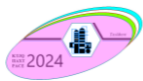
Рис 1. Компьютерная модель исследования кожехотрубного четырех квазиаппаратного (нижний рисунок)

1. На основе гидродинамической структуры потоков трубчатой зоны теплообменник по длине теплообменных труб мысленно разделен на 4 квазиаппарата.

2. Формализована компьютерная модель, алгоритм расчета и исследования кожехотрубного теплообменника (рис. 1.).

3. Осуществлен расчет. Результаты исследований приведены на рис. 2.

Показана динамика пускового периода трубчатого теплообменника – изменения температуры, нагреваемого и нагревающего агентов по времени квазиаппаратов в противоточном теплообменнике. Как видно по квазиаппаратам, т.е. по длине теплообменника температура холодной жидкости увеличивается, а температура горячей жидкости уменьшается. Можно выбрать оптимальную длину трубы квазиаппарата, тем самым и общих размеров теплообменника. С увеличением количества квазиаппаратов точность модели увеличивается. Эта методика позволяет более точно рассчитать процесс и систему теплообмена.

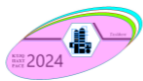


Заклучение

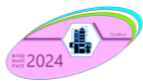
Рассмотрены вопросы конкретизации понятий системного мышления, системного подхода, системного анализа и многоступенчатого анализа и определена их последовательность выполнения. Поясняется методика выполнения многоступенчатого системного мышления в анализе систем путем введения 3 основных этапов анализа и синтеза оптимальных систем в инженерной технологии. Рекомендован подход в виде многоступенчатого анализа, моделирования, принятия решений выбора оптимальных систем с учетом глубинных явлений и эффектов. Это открывает возможность формализации компьютерных моделей, которые исследователь будет использовать как простой аппарат, дающие конкретные решения при введении исходных данных. Исследователь может без особого труда и быстро рассчитать исследуемый технологический процесс и выбрать оптимальные системы.

Список литературы

1. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Высш. шк., 2004. – 616 с.
2. Системный подход в современной науке (к 100-летию Людвиг фон Бергаланфи). – М.: Прогресс-Традиция, 2004. – 560 с.
3. Антонов А.В. Системный анализ. – М.: Высшая школа, 2004. – 454 с.
4. Кафаров В. В, Дорохов. И. Н. Системный анализ процессов химической технологии – М.: Наука, 1976. – 500с.
5. О'Кеннор, Макдермотт И. Искусство системного мышления: необходимые знания о системах и творческом подходе к решению проблем. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006 – 256 с.
6. Каримова В.А., Тизимли тахлил асослари. Тошкент. – «Шарк» – 2014– 192 б.
7. Qurbonov J.M., ...Tizimli tahlil va qaror qabul qilish asoslari. Darslik. SamISI, Samarqand, 2019- 317 bet.
8. Тизимли тахлилга кириш. А.Артиков. Свидетельство о депонировании объектов авторского права № 000300. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. 10.11.2016.
9. А. Артиков. Системное мышление в процессе создания и управления инженерными технологиями. Учебное пособие. Под редакцией Ю. Н.Абдуллаева. Ташкент – 2023.216 стр.
10. А. Артиков. Modellashtirish va loyihalash tizimlari. Дарслик. ТКТИ. 2024. 223 бет
11. Артиков А.А., Джураев Х.Ф., З.А Машарипова, Баракаев Б.Н. Системное мышление, анализ и нахождение оптимальных решений (на примерах инженерной технологии). Издательство «Дурдона». Бухара. 2020. 185с.
12. Артыков А. Компьютерные методы анализа и синтеза химико-технологических систем. учеб. Ташкент «Ворис нашриёт» - 2012. 160 с.



Xalqaro ilmiy – amaliy konferentsiya
“Sanoat tarmoqlarida texnologik jarayon va qurilmalarning dolzarb masalalari va uning istiqbollari” KTJQ – 2024. Tashkent – 2024, 27 – 28 sentyabr



Xalqaro ilmiy – amaliy konferentsiya
“Sanoat tarmoqlarida texnologik jarayon va qurilmalarning dolzarb masalalari va uning istiqbollari” KTJQ – 2024. Tashkent – 2024, 27 – 28 sentyabr