UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

Выпуск: 5(86)

Май 2021

Часть 5

Москва
2021

УДК 62/64+66/69

ББК 3

U55

Главный редактор:

Ахметов Сайранбек Махсутович, д-р техн. наук;

Заместитель главного редактора:

Ахмеднабиев Расул Магомедович, канд. техн. наук;

Члены редакционной коллегии:

Горбачевский Евгений Викторович, канд. техн. наук;

Демин Анатолий Владимирович, д-р техн. наук;

Елисеев Дмитрий Викторович, канд. техн. наук;

Звездина Марина Юрьевна, д-р. физ.-мат. наук;

Ким Алексей Юрьевич, д-р техн. наук;

Козьминых Владислав Олегович, д-р хим. наук;

Ларионов Максим Викторович, д-р биол. наук;

Манасян Сергей Керопович, д-р техн. наук;

Мажидов Кахрамон Халимович, д-р наук, проф;

Мартышкин Алексей Иванович, канд.техн. наук;

Мерганов Аваз Мирсултанович, канд.техн. наук;

Пайзуллаханов Мухаммад-Султанхан Саидвалиханович, д-р техн. наук;

Серегин Андрей Алексеевич, канд. техн. наук;

Усманов Хайрулла Сайдуллаевич, канд.техн. наук;

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

Tengiz Magradze, PhD in Power Engineering and Electrical Engineering.

U55 Universum: технические науки: научный журнал. – № 5(86). Часть 5. М., Изд. «МЦНО», 2021. – 112 с. – Электрон. версия печ. публ. – <http://7universum.com/ru/tech/archive/category/586>

ISSN : 2311-5122

DOI: 10.32743/UniTech.2021.86.5-5

Учредитель и издатель: ООО «МЦНО»

ББК 3

© ООО «МЦНО», 2021 г.

Содержание

Химическая технология	6
ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИОКСИДАНТОВ В МЕСТНОМ КУРИНОМ МЯСЕ НА ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРЕ Саттарова Барнохон Набиевна Омонов Нодирхон Омонжон угли Уринов Хамроз Каххоржон угли	6
УТИЛИЗАЦИЯ ФОСФОГИПСА МЕТОДОМ АММИАЧНОЙ КОНВЕРСИИ ЕГО С ХЛОРИДОМ КАЛИЯ Темиров Голиб Бахтиёр угли Алимов Умарбек Кадырбергенович Сейтназаров Атаназар Рейпназарович Намазов Шафоат Саттарович Каймакова Дина Абдурахимовна	9
ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ МАСЛЯНОЙ ЧАСТИ ИЗ ОТХОДНОГО ЖЁЛТОГО МАСЛА Усмонов Хуршиджон Рашид угли Тиллоев Лочин Исматиллоевич Рузиев Алиакбар Туракулович	14
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОЧНЫХ НОСИТЕЛЕЙ И НИКЕЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПЕРВИЧНОГО РИФОРМИНГА ПРИРОДНОГО ГАЗА Фарманов Бехзод Илхомович Тавашов Шахзод Хужахматович	17
ПОЛУЧЕНИЕ МАСЕЛ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ХОЛОДНОГО ПРЕССОВАНИЯ Фармонов Жасур Байкараевич Давлатов Фаррух Фарходович Кодиров Шерзод Мамарасулович Серкаев Камар Пардаевич Самадий Муроджон Абдусалимзода	21
СОЗДАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ Хамракулов Зохид Абдусаматович Мамажонова Рашида Тухташевна Юсупова Наргиза Адашалиевна	26
АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ПЕПТИДОВ ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ БЕЛКОВ ШРОТА ХЛОПЧАТНИКА Хасанов Аббос Хасанович Садуллаева Муаттар Султон кизи	30
АКТИВАЦИЯ КЫЗЫЛКУМСКОЙ ФОСФОРИТНОЙ МУКИ В ПРИСУТСТВИИ АЗОТ-ФОСФОР- СЕРОСОДЕРЖАЩЕГО УДОБРЕНИЯ – СУПРЕФОСА-NS Хошимов Ахроржон Ахадович Сейтназаров Атаназар Рейпназарович Тожиев Рустамбек Расулович Турдиалиев Умид Мухторалиевич Номозов Шухратжон Юлдашали-угли	35
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЯЗУЮЩЕГО ДЛЯ ОСНОВАНИЯ АСФАЛЬТОВЫХ ДОРОГ И КРОВЕЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ Шукруллаев Ботир Аманбоевич Рахимов Бекзод Бахтиёрович	40
ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ Эшматов Аброр Мамарасулович Комилов Камаридин Уринович Курбанова Айпара Джолдасовна Мухамедов Гафуржан Исраилович	44
Электротехника	47
УЛУЧШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ Аъзамов Саидикром Саидмуродович	47

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ И ПОЛЫХ СВЕТОВОДОВ Хаитова Азиза Рузимаматовна	50
Энергетика	53
СРАВНЕНИЕ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ ПРИ ПНЕВМАТИЧЕСКОМ И МЕХАНИЧЕСКОМ ПЕРЕМЕШИВАНИИ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ Алиматов Баходиржон Абдуманнович Садуллаев Хамидулло Мансурович Хошимов Авазбек Обиджон угли	53
ВОДОРОД - ОСНОВНОЙ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЬ XXI ВЕКА, ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ Алиханов Борий Ботирович Кадыров Абдусамик Абдувасикович	57
ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ МЕТОДОМ ПИРОЛИЗА Амиркулов Оманджан Ахмадович Тошмаматов Бобир Мансурович Рахматов Обид Ибод угли Рахматов Анвар Рахмат угли	59
ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ЗАПАДНЫХ МЭС Утешкалиева Ляззат Шинболатовна Даулетказыулы Бекдаулет	62
МАЛОГАБАРИТНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРОДОЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ Адилет Ержан Бейбитулы Утешкалиева Ляззат Шынбулатовна	65
ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОЛОЧИЛЬНОЙ МАШИНОЙ, ИМЕЮЩЕЙ ДЛИТЕЛЬНЫЙ СРОК ЭКСПЛУАТАЦИИ Иванова Вера Павловна Цыпкина Виктория Вячеславовна Турабеков Ойбек Улугбекович Муминов Хумоюн Асрор угли Хайитмурадова Сайёра Музаффаровна	70
ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ТОКОПРОВОДЯЩИХ ЖИЛ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КАБЕЛЬНО-ПРОВОДНИКОВОЙ ПРОДУКЦИИ Цыпкина Виктория Вячеславовна Иванова Вера Павловна Исамухамедов Дилшод Нигматуллаевич Ортиқова Мусаллам Жаҳонгир қизи Атамухамедова Раъно Фазилджановна	77
ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТА ГДК-ОПК В РЕЖИМЕ СТРЕСС-ТЕСТА С СКО ДЛЯ АНАЛИЗА ПЛАСТА К ПРИГОДНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРП Берденова Салтанат Саматкызы Тикебаев Талгат Асанбаевич	84
ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ С ПОДВИЖНЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ЭКРАНАМИ И С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ Болтаев Отабек Ташмухамматович Мирасадов Миркомил Жамол угли Нурхонов Бахром Шавкат угли	90
МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK Ершов Ростислав Романович Федотов Евгений Александрович	95

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЕГО КОНСТРУКЦИИ	98
Шоназаров Эркин Базарович Рахимов Ганишер Бахтиёрович	
ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОРТАТИВНЫМ РФА АНАЛИЗАТОРОМ	101
Спиридонов Юрий Леонидович	

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI - 10.32743/UniTech.2021.86.5.11671

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИОКСИДАНТОВ В МЕСТНОМ КУРИНОМ МЯСЕ
НА ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРЕ****Саттарова Барнохон Набиевна**

доктор философии (PhD),
Ферганский политехнический институт
Узбекистан, г. Фергана
E-mail: godirovzufar93@mail.ru

Омонов Нодирхон Омонжон ўгли

магистрант,
Ферганский политехнический институт,
Республики Узбекистан, г. Фергана

Уринов Хамроз Каххоржон угли

магистрант,
Ферганский политехнический институт,
Республики Узбекистан, г. Фергана

**DETERMINATION OF ANTIOXIDANTS IN LOCAL CHICKEN MEAT
ON A GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETER****Barnohon Sattarova**

Doctor of Philosophy (PhD) Fergana Polytechnic Institute
Uzbekistan, Fergana

Nodirkhon Omonov

Master's degree student of
Fergana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Fergana

Xamrozjon Urinov

Master's degree student of
Fergana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Fergana

АННОТАЦИЯ

В статье представлена информация об обнаружении антиоксидантов в местном курином мясе на хромато-масс-спектрометре.

ABSTRACT

The article provides information on the detection of antioxidants in local chicken meat on a gas chromatography-mass spectrometer.

Ключевые слова: куриное мясо, хромато-масс-спектрометр, витамины, антиоксиданты, ГОСТ.

Keywords: chicken meat, chromatography-mass spectrometer, vitamins, antioxidants, GOST.

В качестве контроля на рисунке (рис.1) представлена хроматограмма образца местного куриного

мяса из Узбекистана, полученная на хромато-масс-спектрометре «GC / MS AT 5973 N».

Рисунок 1. Хроматограмма образца местного куриного мяса Узбекистана, полученная на масс-спектрометре GC / MS AT 5973 N

На контроль взят образец домашней курицы, выращенной в Узбекистане, и анализ хроматограмм и масс-спектров этого образца, полученных на масс-спектрометре GC / Ms AT 5973 N [1; 50-53-стр], в основном с 8,66 мин. наблюдали хроматограммы веществ. Через 19,04 минуты провитамин D (холекальцеферол) и через 19,07 минуты витамин E (альфа-токоферол) (рис. 2.3) оказались представителями антиоксидантов. Хроматограмма, показанная на рисунке 2.3, показывает, что пиковая интенсивность витамина D (холекальциферола), относящегося к местному куриному мясу, очень высока. Это указывает на то, что количество этого антиоксиданта в анализируемом мясе достаточно велико.

Витамин D необходим для хорошего развития костной ткани в организме, потому что соли фосфора

и кальция, составляющие основную массу костей, перевариваются с использованием этого витамина [3].

Витамин E (альфа-токоферол) в местном курином мясе естественен и важен для регулирования репродуктивного процесса в организме. Витамин E также обладает антиоксидантными свойствами и удерживает в организме свободные радикалы [1].

В период хранения мяса и мясных продуктов, в том числе курицы, начинается процесс брожения под действием внешних и внутренних факторов, а также химических и биологических воздействий.

В результате образуются жиры в мясной пене и летучие кислоты (уксусная, пропионовая и жирная). В результате этот продукт считается непригодным к употреблению по ГОСТу.

Если продукт содержит антиоксиданты, они поглощают летучие кислоты и скрывают непригодность к употреблению мяса[2].

Для проверки качества куриного мяса используется ГОСТ 7702.0-74, 7702.1-74, по этому ГОСТу определяется количество кислот, количество перекисей.

Согласно нормативным документам, мясо птицы считается отвечающим требованиям пункта 1.4, если использование щелочи при отделении жира в теле птицы составляет не менее 1 мг КОН / г относительно жира.

Исследования показали, что указанная стойкость импортного мяса птицы (свежзамороженная куриная окорочка) составляет 0,1-0,18 мг КОН / г. Полученные результаты качественные и соответствуют требованиям ГОСТ 7702.1-74.

Можно увидеть и другое возражение: технологическая обработка при переработке куриного мяса на кухне, например, летучие жирные кислоты в виде коротких молекул образуются при замачивании в кипящей воде перед очисткой патины тушек птицы.

При титровании летучих жирных кислот расход щелочности не должен превышать 1 мг КОН / г. В результате была усовершенствована технология переработки мяса птицы, в эти данные включены показатели, которые в 5-10 раз ниже нормы ГОСТ.

Таким образом, предполагается, что это возможно только при добавлении в рацион цыплят больших количеств антиоксидантов, включая витамин Е (альфа-токоферол).

Такая ситуация привела к снижению ГОСТ. Чтобы определить общее количество антиоксидантов, проведенные дополнительные анализы показали их достаточное количество.

Список литературы:

1. Классификация мяса домашней птицы. Категории тушек птицы <https://ptica-ru.ru/per-prod-ptic/3143-kategorii-tusek-pticy.html>.
2. Саттарова Б.Н., Намозов А.А., Асхаров И.Р., Товуқ гўшти ва товук гўшти маҳсулотларининг сифати ва хавфсизлигини назорат қилишда юқори технологиялардан фойдаланиш самарадорлиги., “-ФарПИ Илмий техника Журнали.-2012, № 1, 50-53-б.”.
3. Холдаров Д.М., Шодиев Д.А., Райимбердиева Г.Г. Геохимия микроэлементов в элементарных ландшафтах пустынной зоны //Актуальные проблемы современной науки. – 2018. – №. 3. – С. 77-81.

DOI - 10.32743/UniTech.2021.86.5.11799

**УТИЛИЗАЦИЯ ФОСФОГИПСА МЕТОДОМ АММИАЧНОЙ КОНВЕРСИИ ЕГО
С ХЛОРИДОМ КАЛИЯ****Темиров Голиб Бахтиёр угли**

мл. науч. сотр. лаборатории фосфорных удобрений
Института общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: Temirovgolib1995@gmail.com

Алимов Умарбек Кадырбергенович

д-р. техн. наук,
вед. научный сотрудник лаборатории фосфорных удобрений
Института общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: umaralihonalimov@mail.ru

Сейтназаров Атаназар Рейпназарович

д-р. техн. наук, главный научный сотрудник,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: diana-ye@yandex.com

Намазов Шафоат Саттарович

д-р. техн. наук, проф., акад., заведующий лабораторией,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Каймакова Дина Абдурахимовна

мл. науч. сотр. лаборатории фосфорных удобрений
Института общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

**DISPOSAL OF PHOSPHOGYPSUM BY AMMONIUM CONVERSION
WITH POTASSIUM CHLORIDE****Golib Temirov**

Junior follow, phosphate fertilizers laboratory,
Institute of General and Inorganic Chemistry
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent

Umarbek Alimov

DSc., leading researcher, phosphate fertilizers laboratory
Institute of General and Inorganic Chemistry
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent

Atanazar Seytnazarov

DSc., chief researcher, phosphate fertilizers laboratory,
Institute of General and Inorganic Chemistry
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent

Shafat Namazov*DSc., prof., academician, Head of the Laboratory,
Institute of General and Inorganic Chemistry
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent***Dina Kaymakova***Junior follow, phosphate fertilizers laboratory,
Institute of General and Inorganic Chemistry
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

Изучен процесс конверсии фосфогипса предприятия АО «Аммофос-Максам» путем конверсии его в аммиачном растворе хлоридом калия. Процесс конверсии был проведен при норме хлорида калия к гипсу от 100 до 200% стехиометрии при постоянном массовом соотношении аммиачный раствор и фосфогипс равное 5 : 1 при температуре 25°C и времени перемешивания 30 мин. Результаты исследований показали, что с увеличением нормы хлорида калия от 100 до 160% от стехиометрии приводит к повышению степени конверсии фосфогипса от 50,68 до 72,98% соответственно. Однако дальнейшее увеличение нормы приводит к снижению степени конверсии фосфогипса до 68 и 71%. Это по всей видимости можно заключить обратной реакции сульфата калия с продуктами конверсии как хлоридом кальция с образованием сингенита.

ABSTRACT

The conversion process of phosphogypsum from the enterprise JSC "Ammophos-Maxam" by converting it in an ammonia solution with potassium chloride has been studied. The conversion process was carried out at a rate of potassium chloride to gypsum from 100 to 200% stoichiometry at a constant mass ratio of ammonia solution and phosphogypsum equal to 5: 1, at a temperature of 25 ° C and a stirring time of 30 minutes. The research results showed that with an increase in the rate of potassium chloride from 100 to 160% of stoichiometry leads to an increase in the degree of conversion of phosphogypsum from 50.68 to 72.98%, respectively. However, a further increase in the norm leads to a decrease in the degree of conversion of phosphogypsum to 68 and 71%. It is most likely possible to conclude the reverse reaction of potassium sulfate with conversion products such as calcium chloride with the formation of syngenite.

Ключевые слова: фосфогипс, хлорид калия, сульфат калия, конверсия, аммиачный раствор, солевой состав.

Keywords: phosphogypsum, potassium chloride, potassium sulfate, conversion, ammonia solution, salt composition.

Фосфогипс является техногенным отходом производства экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) сернокислотной переработкой природных фосфатов. В зависимости от вида фосфатного сырья в среднем для получения 1 т 100 P₂O₅ в виде ЭФК образуется 5-6 т фосфогипса. Однако в условиях быстрого темпа роста населения на планете наблюдается увеличение потребности на фосфорные удобрения на 2,5%, что составляет 45-46 млн. т P₂O₅ в год. На столько же увеличивается количество фосфогипса, выбрасываемого в отвал. Согласно [1] накопление фосфогипса во всем мире оценивается примерно в 100–280 миллионов тонн в год. Накопление огромных объемов техногенного отхода, занимаемые пахотные поля, вызывает не только экологическую проблему, но и сокращение пашни на душу человека от 0,24 до 0,08 га к 2050 году. В мире количество утилизируемого фосфогипса составляет всего лишь 8-10%. Важным аспектам переработки фосфогипса в основном посвящены в изучении и повышении ценности этого продукта в качестве материала для покрытия тротуара, дороги, [2], строительного (цемент, гипс) [3–6] в качестве источника редко земельных элементов [7] или же удобрения в области сельского хозяйства [8].

Узбекистан имеет свою собственную базу по переработке местного фосфорита – месторождение

Центрального Кызылкума на фосфорные удобрения. Проблема утилизации фосфогипса остается для республики нерешенной, хотя в отвалах в настоящее время накоплено свыше 100 млн. т данного вида отхода. Одним из перспективных направлений в области переработки фосфогипса на наш взгляд является использование его для получения бесхлорных удобрений для сельского хозяйства. Дело в том, что в республике функционирует производство хлорида калия на АО «Дехканабадский завод калийных удобрений». Однако, сбыт этого вида продукта ограничен, в связи с его невостребованностью среди хлорофобных культур (цитрусовые растения, виноград, табак и др.).

Исходя из вышеизложенного конверсия фосфогипса хлоридом калия в среде аммиачного раствора для получения бесхлорного калия – сульфата калия является целью настоящего исследования.

В качестве исходного сырья был использован фосфогипс АО «Аммофос-Максам», полученный в диgidратном режиме. Фосфогипс был предварительно промыт дистиллированной водой, высушен, измельчен до размера частиц 0,20 мм и имел следующий состав (мас.%): 33,28 CaO; 47,60 SO₃; 0,7 P₂O₅; 0,14 Al₂O₃; 0,05 Fe₂O₃; 0,41 F. KCl квалификации – технический был доставлен из АО «Дехканабадский завод калийных удобрений» с составом 58% K₂O,

что соответствует 92% KCl. Хлорид калия перед применением был измельчен до 0,20 мм. Также был использован 25 %-ный аммиак квалификации ч.д.а. по ГОСТу 3760–79. Процесс конверсии фосфогипса с хлоридом калия в аммиачном растворе проводили в стеклянном реакторе, снабженный гидрозатвором. Реактор был помещен в магнитную мешалку для тщательного перемешивания сырьевых компонентов. Сперва в реактор вводили аммиачный раствор и в нем растворяли тонко измельченный KCl.

Затем в содержимое в реакторе дозировали необходимое количество фосфогипса. Норму фосфогипса к хлористому калию варьировали от 100 до 200% на образование сульфата калия. Однако, соотношение аммиачного раствора к фосфогипсу, т.е. жидкой фазы (Ж) к твердой (Т) держали постоянно Ж : Т = 5 : 1. Полученную, таким образом, суспензию интенсивно перемешивали магнитной мешалкой в течение 30 мин. при температуре 25°C.

После завершения процесса реакцию массу в реакторе фильтровали на воронке Бюхнера, приме-

няя один слой фильтровальной бумаги. Далее твердую фазу подвергали сушке при 95°C, а затем вместе с жидкой фазой проводили анализ на содержание K_2O , CaO , Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ по известным методикам [9, 10].

Ион SO_4^{2-} определяли гравиметрическим методом, K_2O методом осаждения используя тетрафенилборат натрия [11, 12], CaO — комплексометрическим титрованием трилоном Б, Cl^- — аргонометрическим — прямым титрованием раствором $AgNO_3$ в присутствии K_2CrO_4 . Пробы жидкой фазы предварительно доводили азотной кислотой до нейтральной среды согласно методике, описанной [13]. Содержание аммиака в фильтрате определяли по ГОСТ 3760–79 «Реактивы. Аммиак водный. Технические условия».

В таблице 1 представлены составы твердых фаз после завершения процесса конверсии при нормах 100-200%, $T=25^\circ C$ при постоянной Ж : Т = 5 : 1 и продолжительности времени – 30 мин.

Таблица 1.

Состав твердой фазы продукта конверсии фосфогипса хлоридом калия в 25 %-ном аммиачном растворе при массовом соотношении аммиачный раствор и фосфогипс 5 : 1

№	Нормы	Степень конверсии, %	$K_2O_{\text{общ.}}$	$SO_{\text{Зобщ.}}$	$CaO_{\text{общ.}}$	Cl
1	100	50.68	27.62	30.78	26.82	13.87
2	120	61.44	28.23	32.61	20.14	18.06
3	140	65.89	30.16	32.91	19.54	16.52
4	160	72.98	35.62	35.87	13.40	15.09
5	180	68.33	31.64	33.12	17.39	17.85
6	200	71.02	33.41	34.19	15.16	17.24

Как видно из таблицы увеличение нормы хлорида калия к фосфогипсу приводит к увеличению степени конверсии. Однако это более значительно выявлено при нормах от 100 до 160%, что составляет от 50,68 до 72,98% соответственно.

Далее увеличение нормы приводит к снижению степени конверсии фосфогипса.

Так в чем заключается снижение образования K_2SO_4 в последних двух нормах?

В научно-технических литературах имеются разные мнения по поводу влияния нормы и количества массового соотношения гипса к аммиаку.

Например в работе [13] детально изучено влияние нормы расхода хлористого калия от стехиометрии в пределах 100-176% при времени перемешивания 40 мин, массового соотношения гипса и аммиака 1 : 4, в 25 %-ном аммиачном растворе, на степень конверсии. Установлено, что увеличение нормы расхода KCl от стехиометрии от 100 до 176% оказывает положительное действие на образование K_2SO_4 в конечном продукте от 24,98 до 93,22% соответственно.

Низкое содержание сульфата калия в твердой фазе при 100 и 140% нормах объясняется образованием сингенита – $K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$ в количестве 73, 41 и 24,12%, найденное методом рентгенографического исследования. В данном случае оптимальной является норма 160%, при котором степень конверсии составляет 93,10%.

Если в этом исследовании авторы считают, что увеличение нормы KCl к $CaSO_4$ приводит к повышению степени конверсии, то авторы Фернандес и Винт [14] утверждали, что полученный K_2SO_4 является метастабильным и имеет тенденцию к дальнейшему превращению в сингенит.

Они также обнаружили, что при более высоких концентрациях аммиака (> 36 мас.%) выход K_2SO_4 из KCl 97,3%, что был получен за 35 мин при 30% избытке гипса. Данное явление также подтверждается исследователями [15], где говорится, что количество фосфогипса превышает его стехиометрическое значение, скорость превращения KCl в K_2SO_4 увеличивается, а время, необходимое для достижения максимальной конверсии, уменьшается.

Однако по нашему мнению увеличение степени конверсии с увеличением нормы хлорида калия до

определенной нормы, а затем её снижение можно объяснить следующим образом:

При низких нормах реакция конверсии протекает с образованием сингенита (1), при средних

увеличенных нормах процесс конверсии протекает в сторону образования сульфата калия.

Дальнейшее увеличение нормы способствует взаимодействию продуктов реакции – сульфата калия и хлорида кальция между собой. В результате чего образуются вновь кристаллы сингенита (3).

Исходя из результатов исследований более оптимальной является 160 %-ная норма расхода KCl от стехиометрии для образования K_2SO_4 . В связи с этим, на основе результатов исследований из таблицы 1 приведён состав компонентов в виде иона и окиси в твердых и жидких фазах продуктов конверсии, проведенной при 160 %-ной норме KCl (табл.2).

Таблица 2.

Компонентный и солевой состав продуктов конверсии фосфогипса хлоридом калия в 25 %-ном растворе аммиака при массовом соотношении раствор аммиака : фосфогипс = 5 : 1 при температуре 25°C

Ионный состав твердой фазы, мас. %				Ионный состав жидкой фазы, мас. %				
K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	NH_4^+
29.56	9.56	35.15	15.09	9.73	2.25	0.79	9.44	9.53
Состав твердой фазы в виде оксидов				Состав жидкой фазы в виде оксидов				
K_2O	CaO	SO_3	Cl^-	K_2O	CaO	SO_3	Cl^-	NH_3
35.62	13.40	29.29	15.09	11.72	3.15	0.66	9.44	9.53
Солевой состав твердой фазы, мас. %				Солевой состав жидкой фазы, мас. %				
K_2SO_4	KCl	CaSO_4	CaCl_2	K_2SO_4	KCl	CaCl_2	NH_3	H_2O
56.06	20.75	20.53	2.66	1.44	11.44	6.24	9.53	71.35

Также расчетным путём приведён солевой состав этих двух фаз. Как видно из табличных данных, твердая фаза в основном состоит из сульфата калия в количестве 56.06%.

Из сведений материального баланса можно видеть, что из 10 г фосфогипса получается почти 15 г

твердой фазы с содержанием более 55% сульфата калия со степенью конверсии 73% на основе 160 %-ной нормы хлорида калия. Это говорит о том, что из 1 тонны фосфогипса ожидается получить 15 тонн сульфат калий содержащий продукт.

Рисунок 1. Материальный баланс процесса конверсии фосфогипса хлоридом в аммиачном растворе при расходе норме хлорида калия 160% от стехиометрии

Таким образом, показана возможность утилизации многотоннажного отхода фосфатной промышленности фосфогипса в сульфат калия путём его конверсии хлоридом калия при стехиометрических нормах от 100 до 200% в аммиачном растворе (25 %-ный раствор). Оптимальная норма хлорида калия к фосфогипсу для проведения процесса стала 160% от стехиометрии, при котором можно

достигать степень конверсии около 73%. Расчитан солевой состав и составлен материальный баланс процесса конверсии, проведенное при оптимальном условии.

Однако для получения сведений по образованию сингенита будут проведены рентгенофазовые анализы, что станут предметом дальнейшего исследования настоящей работы.

Список литературы:

1. T. Hanar, D.L.Aurora C. Mohamed, G. Gatalina, N. Nuria, A.J. Francisco, A.L. Felix., Computense 22, (2009).
2. W.R. Anderson, gypsum aggregate, a viable commercial venture, Proceedings of the Second International Symposium on phosphogypsum, January 1988, publication FIPR n ° 01-037-055, p. 329 – 352.
3. NEVEU B: valorisation des phosphogypses : procerder Charbonnages de France Chimie - Air Industrie, Congre`s Technique de l'IFA, 13 - 16 septembre 1976.
4. K. Murakami: utilization of chemical gypsum for Portland cement, Proceedings of the Fifth International Symposium on Chemistry of cement IV, Cement Association of Japan, 459 Tokyo 1969.
5. M. Singh, M. Garg, and S.S. Rehsi. Purifying phosphogypsum for cement manufacture. Construction and Building Materials, 7(1), 939–951, 1992.
6. P.K. Mehta and J.R. Brady. Utilization of phosphogypsum in Portland cement industry. Cement and Concrete Research, 7 :537–544, 1977.
7. T.P. Mashifana. Chemical treatment of phosphogypsum and its potential application for building and construction. Procedia Manufacturing. 35, 2019. 641–648.
8. J. V Baird. and E.J. Kamprath (1980) : agricultural use of phosphogypsum on North Carolina Crops, Proceedings of the First International Symposium on phosphogypsum, publication FIPR n ° 01-001-017, p. 133 – 150.
9. М.М. Винник, Л.Н. Ербанова, П.М. Зайцев и др. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов. – М.: Химия, 1975. - 218 с.
10. ГОСТ 30181.4-94. Минеральные удобрения. Метод определения суммарной массовой доли азота, содержащегося в сложных удобрениях и селитрах в аммонийной и нитратной формах (метод Деварда).
11. ГОСТ 4145-74. Межгосударственный стандарт. калий сернокислый.
12. ГОСТ 20851.3-93. Удобрения минеральные. Методы определения массовой доли калия. 41 с.
13. И.И. Гончарик, З.А. Готто, А.Л. Навныко, Н.В. Колбун. Получение сульфата калия путем конверсии фосфогипса и хлорида калия в аммиачном растворе. Журнал прикладной химии. 2020. Т. 93. Вып. 3. С. 341-346.
14. J.A. Fernandez Lozano, A. Wint, Production of potassium sulfate by an ammoniation process, Chem. Engineer (1979) 688.
15. Samir I. Abu-Eishah, Ali A. Bani-Kananeh, Mamdouh A. Allawzi. K₂SO₄ production via the double decomposition reaction of KCl and phosphogypsum. Chemical Engineering Journal 76 (2000) 197–207.

DOI - 10.32743/UniTech.2021.86.5.11728

ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ МАСЛЯНОЙ ЧАСТИ ИЗ ОТХОДНОГО ЖЁЛТОГО МАСЛА**Усмонов Хуршидjon Рашид угли**

магистрант,
Бухарский инженерно – технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: xusmonov321@gmail.com

Тиллоев Лочин Исмаилов

докторант,
Бухарский инженерно – технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: tilloyevl@mail.ru

Рузиев Алиакбар Туракулович

ст. преподаватель,
Бухарский инженерно – технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: aliakbar.ruziev1608@gmail.com

FRACTIONAL COMPOSITION OF THE OIL PART FROM WASTE YELLOW OIL**Khurshidjon Usmonov**

Master's degree student,
of the Bukhara engineering – technological institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

Lochin Tilloyev

Doctoral student,
of the Bukhara engineering – technological institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

Ruziev Aliakbar

Senior lecturer,
of the Bukhara engineering – technological institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

АННОТАЦИЯ

В данной статье авторами изучено преломление индивидуальных фракций и разделение фракций путём перегонки, выделенной осаждением масляной части отходного жёлтого масла. Даны рекомендации по применению полученных фракций в различных отраслях производства.

ABSTRACT

In this article, the authors studied the refraction of individual fractions and the separation of fractions by distillation, separated by the deposition of the oil part of the waste yellow oil. Recommendations for the use of the obtained fractions in various industries are given.

Ключевые слова: отход, пиролиз, пирогаз, полимер, жёлтое масло, альдольная конденсация, фракционный состав, фракция, перегонка.

Keywords: waste, pyrolysis, pyrogas, polymer, yellow oil, aldol condensation, fractional composition, fraction, distillation.

Великий химик Д.И. Менделеев говорил: «**В химии нет отходов, а есть неиспользованное сырьё**», «необходимо развивать только те производства, которые не дают **отходов**». Дадим понятие об отходах.

Отходы — остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства [1].

Хвостовое жёлтое масло также считается одним из отходов, который образуется при щелочной очистке пирогаза [2] рис. 1.

Известно что, процесс пиролиза основан на получении алкенов при высокой температуре в безвоздушном пространстве, путём расщепления алканов [3].

Процесс пиролиза этана сопровождается диметилдисульфитом для уменьшения образования кокса в трубах печи пиролиза и добавлением водяного пара для снижения парциального давления. В результате в составе пирогаза образуются кислые газы (H_2S и CO_2) и кислород органические соединения (альдегиды, кетоны, кислоты, спирты).

Рисунок 1. Последовательность процесса образования жёлтого масла

Для чистки пирогаза проводится процесс абсорбции. Пирогаз проходит через колонну щелочной очистки, где извлекается кислый газ (H_2S и CO_2). Очистка пирогаза производится в два этапа. Для достижения чистоты кислых газов в 1 ppm, пирогаз сначала очищают «слабым» раствором свободной щелочи с массовой концентрацией 2% в нижней части колонны. После этого пирогаз очищают в середине колонны щелочным раствором с 10%-ной массовой концентрацией. Очищенный пирогаз смывается с верхней части колонны конденсатом водяного пара от капель щелочи. В колонне кислые газы H_2S и CO_2 реагируя с щелочью NaOH образуют сульфиды и карбонаты. В качестве кубового остатка отработанная щёлочь направляется на восстановительно-нейтрализационную систему.

В кубовой части колонны процесса очистки пирогаза образуется желтое масло (продукт альдольной конденсации, полимер). Желтое масло собирается в карман кубовой части колонны и периодически перекачивают в сепаратор. В сепараторе отделенное от газовой фазы, желтое масло извлекается путем заливки в барабаны. Вывода из устройства, рассматривается как отходы процесса [4, 5].

Нами с целью изучения состава и свойств отходного жёлтого масла проведены следующие исследования.

Отходное желтое масло, принесенное из устройства, первоначально разделяется на части путём отстаивания при комнатной температуре. В результате желтое масло разделилось на три части (щелочная вода-нижняя часть, полимер-средняя часть и масло-верхняя часть) [6].

1 - термометр; 2 - колба для перегонки; 3 - асбестовая прокладка; 4 - электрический нагревательный элемент; 5 - подставка; 6 - ручка для регулирования положения колбы; 7 - диск для регулирования нагрева; 8 - выключатель; 9 - открытое дно кожуха; 10 - мерный цилиндр; 11 - фильтровальная бумага; 12 - охлаждающая баня; 13 - трубка холодильника; 14 - кожух

Рисунок 2. Специальная перегонная установка с электронагревателем

Нами проведены исследования над масляной частью отделённого жёлтого масла путём осаждения. В данном исследовании был определен фракционный состав масляной части, плотность выделенных фракций и параметры преломления света.

Отбор проб из масляной части осуществлялся по ГОСТ 2517-2012. Фракционный состав масляной

части определён в соответствии с требованиями ГОСТ 2177-99. Показатель преломления отдельных фракций определяли при помощи рефрактометра ИРФ – 22 с точностью до $\pm 0,0001$, для жидких фракций при 20 °С, для твердых при 70 °С.

Таблица 1.

Фракционный состав масляной части, выход объемных долей и некоторые свойства отдельных фракций

Порядковый номер фракции, соответствующий температуре кипения	Диапазон температур кипения фракции, °С	Выход фракций, (объем)%	Агрегатное состояние фракций*	Показатель преломления
1	н.к.-120	3	Жидкий	1,4947
2	120-130	2	Жидкий	1,4964
3	130-160	1,9	Жидкий	1,5074
4	160-190	3,6	Жидкий	1,5232
5	190-200	5,4	Жидкий	1,4721
6	200-210	5,6	Жидкий	1,5029
7	210-220	10,1	Твёрдый	1,5892**
8	220-230	5,4	Жидкий	1,5114
9	230-240	4,5	Жидкий	1,4959
10	240-249	3,7	Жидкий	1,4970
11	остаток	54,8	-	-

*При температура 293 К (20 °С) и давление 101,325 кПа

**При температура 343 К (70 °С) и давление 101,325 кПа

Для изучения фракционного состава масляной части, отобранную пробу в количестве 100 грамм пропустили через специальное перегонное устройство с электрическим подогревом (рис. 2.). Температура начала кипения составила 83 °С. Процесс перегонки продолжался до 250 °С. От начала кипения до 250 °С выделилось 10 фракций. Результаты исследования введены в таблицу 1.

При перегонке масляной части мы видим, что выход фракций до 250 °С составляет 45,2%, а из них 76,4% составляют жидкие фракции. Из показателей преломления света фракций видно, что основная их часть приходится на одно-и много-кольцевые ароматические углеводороды.

Опираясь на полученные результаты исследований, можно сказать, что жидкая часть разделённой фракции до 210 °С может использоваться в нефтеперерабатывающей промышленности в качестве растворителей, в процессах нефтепереработки, сама масляная часть для увеличения ресурса сырья лакокрасочной промышленности, обоснована экономическая эффективность использования жёлтого масла в производстве дополнительных энерго-ресурсов, что приведёт к уменьшению ее вреда для природы, которое накапливалось в течении многих лет.

Список литературы:

1. Закон Республики Узбекистан 362-II “Об отходах” 05.04.2002.
2. Tilloyev L.I., & Ro'ziyev A.T.R. (2020). SARIQ MOYINING TARKIBI VA XOSSALARI. Science and Education, 1(9), 74-82.
3. Гайбуллаев Саиджон Абдусалимович, Турсунов Баходир Жунайдуллаевич Пирококонденсат - важнейшее сырьё химического синтеза // Universum: технические науки. 2020. №6-2 (75).
4. Тиллоев Л.И., Усмонов Х.Р. У., Хамидов Д.Г. Техническая классификация отходов в газовых химических комплексах //Universum: технические науки. – 2020. – №. 5-2 (74).
5. Urunov N.S., & G'aybullayev S.A. (2021). PIROKONDENSAT TARKIBINING KIMYOVIY TAHLILI. Science and Education, 2(3), 32-40.
6. Тиллоев Л.И., Косимов Э.К. У., Муродов М. Н. Разделение жёлтого масла и определение физических показателей масляной части, полученной из него //Universum: технические науки. – 2020. – №. 1 (70).

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОЧНЫХ НОСИТЕЛЕЙ И НИКЕЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПЕРВИЧНОГО РИФОРМИНГА ПРИРОДНОГО ГАЗА

Фарманов Бехзод Илхомович

ст. преподаватель Каршинского инженерно-экономического института,
Республика Узбекистан, г. Карши,
E-mail: behzod_9900@bk.ru

Тавашов Шахзод Хужахматович

ассистент, Каршинского инженерно-экономического института,
Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: t_shahzod@mail.ru

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING STRONG CARRIERS AND NICKEL CATALYSTS FOR PRIMARY REFORMING OF NATURAL GAS

Bekhzod Farmanov

Senior teacher of the Karshi Engineering and Economics Institute,
Uzbekistan, Karshi

Shakhzod Tavashov

Assistant of the Karshi Engineering and Economics Institute,
Uzbekistan, Karshi

АННОТАЦИЯ

Разработана технология получения прочного носителя катализатора первичного риформинга природного газа на основе глинозёма и гидроокиси или углекислого кальция при соотношении $\text{Ca}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 3,5 \div 3,8$.

Катализатор риформинга имеет механическую прочность не менее 44,5 МПа/5см² объёмная доля остаточного метана при 500°C -35,5%, ПРИ 700°C -3%.

ABSTRACT

A technology has been developed for obtaining a durable catalyst carrier for the primary reforming of natural gas based on alumina and hydroxide or calcium carbonate with a $\text{Ca}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio of $3.5 \div 3.8$. The reforming catalyst has a mechanical strength that did not change 44.5 MPa/5m² the volumetric yield of treatment methane at 500°C -35.5%, at 700°C -3%.

Ключевая слова: катализатор, носитель, пластификатор, никель, кальций, природный газ.

Keywords: catalyst, carrier, plasticizer, nickel, calcium, natural gas.

Одним из наиболее рациональных путей интенсификации химических производств является совершенствование существующих и внедрение новых, более эффективных катализаторов. В Узбекистане и за рубежом проводят исследования в области разработки катализаторов для получения синтез-газа как для действующих промышленных установок, так и для альтернативных производственных процессов.

Для процесса конверсии углеводородов производятся катализаторы нанесенного типа: ГИАП-3-64, ГИАП-8, ГИАП-18, КР-1, К-87, К-905, АКИ-М, НИАП-03-01, КАТАССО 25-4Q; 57-4Q, РК-211, РК-20, R-67-7Н, Refor-Max 300 и смешенного типа ГИАП-16, ГИАП-19.

Смешанные катализаторы имеют в своем составе 23-26% NiO, что в 2-3 раза больше, чем в ката-

лизаторах нанесенного типа. Смешанные катализаторы теряют прочность при нагревании на воздухе выше 800°C.

Из-за высокого содержания никеля и метода внесения смешанные катализаторы теряют прочность. Никель переходит в малоактивную форму как при приготовлении, так и при эксплуатации.

Из-за указанных недостатков средняя продолжительность работы смешанных катализаторов редко превышает 3 года [1]. Поэтому все известные зарубежные фирмы используют для процессов конверсии углеводородных газов нанесенные катализаторы.

Нанесенные катализаторы содержат 7,5-14% NiO на керамическом корундовом носителе из $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ применяемого в чистом виде или с добавками.

В катализаторах фирмы "Haldor Topsoe" используются также носители на основе алюмомагниево-

шпинели. Носители, используемые фирмами «Jonson Matthey» и «Clariant» состоят из силиката кальция.

Моноалюминат кальция $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ получен в НИИ цемент реакцией известняка с глинозёмом при 1480-1520°C.

Обработкой моноалюмината кальция получены носители с высокой механической прочностью [1].

Получению корундового носителя с насыпной плотностью 0,90-0,98 кг/дм³, водопоглощением 19-21,7%, массовой долей Al_2O_3 -99,5-99,7% посвящена работа [2].

Используя глинозём, содержащий определенное количество α - Al_2O_3 и гидроксид алюминия в форме гидрогиллита получен носитель водопоглощением 23-24% и прочностью 520-680 кг/см².

Известно [3], что $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $5\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и др. образуются в зависимости от соотношения $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и температуры обжига. При соотношении $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = 0,354:0,645$ инвариантная точка в системе $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ соответствующая моноалюминату кальция находится при температуре 1400°C. Следовательно, температура прокалики носителя с добавкой кальция должно быть не ниже 1400°C.

Для равномерного распределения кальция рекомендуется добавлять кальций в виде азотнокислого водного раствора.

Носитель катализатора первичного риформинга марки ЧКР-3-06 приготовленной по технологии разработанной в Узбекистане на АО «Максам-Чирчик» состоял из Al_2O_3 с добавлением 4-5% CaO . Нарботана 20 тонн опытно-промышленной партии, которая успешно прошла испытания в печи риформинга АО «Максам-Чирчик».

Катализатор имеет следующие характеристики: влагёмкость носителя (17-18,5)%, механическая прочность разрушающее усилие при раздавливании на торец-18 МПа/см², массовая доля никеля в пересчете на NiO, % -(10,5±1,51), массовая доля кальция пересчете на CaO % -(4±1), массовая доля алюминия в пересчете на Al_2O_3 , %-(82÷95,5), активность-объёмная доля остаточного метана, %: при 500°C -37, при 700°C -8.

Катализатор по качеству, активности соответствует требованиям, нормативного документа Кат 6.3-106:2006, однако механическая прочность в сравнение с лучшими аналогами недостаточна.

Целью работы стала получение прочных носителей и катализатора первичного риформинга.

Методы и материалы. В качестве сырья для приготовления носителей и катализатора использовали глинозём ГОСТ 30559-98, гидроокись кальция ТУ-6-18-75-75, графит, древесная мука, никель азотнокислый, алюминий азотнокислый, окись магния.

Результаты и обсуждение. Для сравнения выбрали катализатор фирмы «Donhson Matthey» марки Catalco – 25- 4 Q и 57- 4 Q, носитель которого состоит в основном из оксидов кальция и алюминия, и имеет прочность 50-60 МПа/см².

Обще известно, что механические свойства носителя зависят от структуры, химического и фазового состава материала. Рентгеноструктурные исследования

катализатора ЧКР-3-06 и фирмы «Donhson Matthey» показали, что носитель катализатора состоит в основном из диалюмината кальция $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ и в α – форме содержит 21,75% CaO , в то время носитель катализатора ЧКР 3-06 соответствует гексаалюминату кальция в β - форме $\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ которая менее стабильна чем α – форма диалюмината кальция.

На основании полученных результатов рентгенографических исследований, можно сделать вывод, что с увеличением массовой доли оксида кальция увеличивается прочность носителя. Это происходит за счет большего связывания оксида кальция с оксидом алюминия. В случае с ЧКР -3-06 недостаточное количество CaO для более полного связывания с Al_2O_3 и перехода в стабильную α – форму.

Помимо фазового состава носителя необходимо учитывать влияние тонины помола реагентов, температуры прокаливания образцов, времени выдержки при заданной температуре [4].

Поиски путей увеличения прочности носителя велись в двух направлениях:

- введение в состав носителя оксида магния вместо оксида кальция с целью образования высокопрочной алюмомагниевого шпинели.
- увеличение массовой доли оксида кальция в составе носителя.

Исходными компонентами для алюмомагневых носителей служили: оксид магния и магнезит ГОСТ 1216-87, содержащий магния не менее 87% и глинозём ГОСТ 6912 – 87. В качестве пластификатора использовали азотную кислоту, в качестве порообразователя – древесную муку. Сухие компоненты смеси смешивали, затем добавляли HNO_3 с массовой долей 38% до получения тестообразной массы, которую переносили в электромеханический Z - образный смеситель, где перемешивали в течение 40-60 минут. Полученную однородную массу формовали, проваливали сначала на воздухе, потом сушили в сушильном шкафу при температуре 100-120°C не менее 8 часов, затем прокаливали при температуре 1400°C.

Приготовили образцы носителя, следующего состава: массовая доля MgO - 27,6%, Al_2O_3 - 72,4%, древесная мука (порообразователь) 10 % от ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$). В качестве пластификатора использовали азотную кислоту с массовой долей 38%. Полученную массу сформовали в таблетки, просушили и прокалили при температуре 1400°C.

Прочность полученного образца носителя оказалась не высокой 6,4 МПа/см² влагёмкость составила 29,5%. Очевидно, что на прочность носителя оказало влияние недостаточная температура прокалики и время выдержки при заданной температуре.

Носители на основе оксидов кальция и алюминия готовились следующим образом: расчетное количество Al_2O_3 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или CaCO_3 в сухом виде тщательно перемешивали с пластификатором в качестве которого использовали либо дистиллированную воду, либо азотную кислоту с массовой долей 20% до образования увлажненной массы, которую затем помещали в Z - образный смеситель, где перемешивали в течение часа до получения пластичной, хорошо формуемой

массы. Из полученной массы сформовали прямоугольники толщиной ~ 10 мм, просушили их сначала на воздухе, а затем в сушильном шкафу при температуре 350°C в течение 5 часов, после чего прокалили при температуре 1400°C.

Прокаленные образцы измельчили до размеров частиц 0,15 мм и менее, полученный порошок увлажняли 4÷6,5% воды от массы порошка, тщательно перемешивали и таблетировали на таблеточной машине.

Полученные таблетки использовали в качестве носителя для приготовления катализатора путем трехразовой их пропитки раствором азотнокислых солей никеля и алюминия в соотношении 3:1. Массовая концентрация никеля в растворе 630 г/дм³. После каждой пропитки проводили сушку образцов катализатора в течение 5 часов при температуре 250-350 °С, скорость подъема температуры 60°C в час. По окончании сушки образцы катализаторов прокалили 5 часов при 500°C.

Необходимо отметить, что образцы носителей, приготовленные путем смешивания Al_2O_3 и $CaCO_3$ и пластифицированные HNO_3 при пропитке азотнокислым никелем разрушались, в то время, как образцы носителей, приготовленные на воде с $Ca(OH)_2$ не разрушались.

На основании результатов исследования предложена следующая технология приготовления прочного

носителя и активного катализатора для первичного риформинга углеводородных газов.

Технология заключается в следующем:

1. Смешивание оксида алюминия и гидроксида кальция с водой из расчёта содержания CaO 17-18,4%.
2. Формовка полученной пасты в виде колбасок.
3. Проваливание и сушка сформованной пасты при 350°C.
4. Прокалка при температуре 1400°C.
5. Измельчение прокаленных колбасок.
6. Увлажнение полученного порошка, формовка на таблеточной машине.
7. Трехразовая пропитка раствором $NiNO_3 : Al(NO_3)_3 = 3:1$.
8. Сушка после каждой пропитки при температуре 250 – 300°C.
9. После последней пропитки прокалка при температуре 500°C.

Катализатор полученный по вышеописанной технологии имеет условную марку ЧКР-3-07.

Сравнительные характеристики катализаторов первичного риформинга углеводородов, выпускаемых различными фирмами и по предложенной нами технологии представлена в таблице 2.

Из таблицы следует, что катализатор ЧКР 3-07 по всем параметрам не уступает лучшим мировым образцам.

Таблица 2.

Сравнительные характеристики катализаторов первичного риформинга углеводородов, выпускаемых различными фирмами и по предложенной нами технологии

Производитель	ОАО «Алвиго» Эстония	«Donhson-Matthey» Англия	«Holdor-Torpoe» Дания	Дорогобуж. ЗАО «Катализатор» Россия	Узбекистан АО «Максам-Чирчик»
Марка	НИАП 03-03	Catalco 25-4Q/ 57- 4Q	R- 67-7H	ГИАП -16	ЧКР 3-07
хим.состав, % NiO, не более Al_2O_3 , не более CaO , не более	11 остальное	18/16 остальное	>15 остальное $MgAl_2O_4$	19,5 65,0 10 ± 2	9,6 69,0 18,4
Пористость, %	40	неопределяется	неопределяется	ненормируется	17,8
Механическая прочность: -по торцу, кгс/см ² - по образующей, кгс/см ²	30÷ 40	> 500* 70 /60	неизмер. > 25	350 ÷ 600 13-25	447 неизмер.
Активность: остаточное содержание метана, % при 500°C 700°C	- 3,3	9,3÷ 10,5	10,2÷10,5	37,0 5,0	35,0 3,0

Список литературы:

1. Голосмин Е.З., Якерсон В.И., Мамаева И.А., Боевская Е.А. Получение и свойства адсорбента и носителя на основе моноалюмината кальция. Кинетика и катализ. Т. XVII, вып. 2, 1976, с.392-398.
2. Примаченко В.В. и др. Корундовый носитель катализатора паровой конверсии метана., Материалы IX Украинской научно-технической конференции по катализу. ч Яремче 2004 г. с. 125.
3. Торопов Н.А. Химия цементов. М, Промстройиздат 1956, с. 104.
4. Будников П.П., Булавин И.А., Выдрик Г.А. «Новая керамика», Москва 1969г., стр. 138-139,150.

DOI - 10.32743/UniTech.2021.86.5.11689

ПОЛУЧЕНИЕ МАСЕЛ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ХОЛОДНОГО ПРЕССОВАНИЯ**Фармонов Жасур Байкараевич**

ст. преподаватель
Каршинского инженерно-экономического института
Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: samadiy@inbox.ru

Давлатов Фаррух Фарходович

ст. преподаватель
Каршинского инженерно-экономического института
Республика Узбекистан, г. Карши

Кодиров Шерзод Мамарасулович

ассистент
Джиззакского политехнического института
Республика Узбекистан, г. Джиззак

Серкаев Камар Пардаевич

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

Самадий Муроджон Абдусалимзода

зам. директора по наукам и инновациям Янгиерского филиала
Ташкентского химико-технологического института
Республика Узбекистан, г. Янгиер
E-mail: samadiy@inbox.ru

PRODUCTION OF OILS USING THE COLD PRESSING METHOD**Jasur Farmonov**

Senior teacher
of Karshi engineering economical institute,
Republic of Uzbekistan, Karshi

Farrukh Davlatov

Senior teacher
of Karshi engineering economical institute,
Republic of Uzbekistan, Karshi

Sherzod Qodirov

Assistant at Jizzakh Polytechnic Institute
Republic of Uzbekistan, Jizzakh

Kamar Serkaev

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

Murodjon Samadiy

Deputy Director for Science and Innovation of the Yangier branch
of the Tashkent Chemical-Technological Institute
Republic of Uzbekistan, Yangier

АННОТАЦИЯ

В статье приведены сведения о холодном прессовании масличного сырья. Подробно изложены стадии очистки семян от примесей, сортировки, дробления, сушки и прессования.

Было определено влияние времени и температуры «холодного» прессования на химический состав получаемого масла, обсуждены его пищевые и лечебные свойства и области применения.

Представлена технологическая линия, включающая моечную машину, транспортер, сортировочную машину для резки на части плодов дыни, машину для отделения семян, машину для очистки от корки, измельчитель для получения лепестка, сверхкритический экстрактор и упаковочную машину.

Делается заключение о возможности использования метода «холодного» прессования для получения качественных масел с высокими пищевыми и фармакологическими данными, так как для этого имеются все возможности.

ABSTRACT

The article provides information on cold pressing of oilseeds. The stages of cleaning seeds from impurities, sorting, crushing, drying and pressing are described in detail.

The influence of the time and temperature of “cold” pressing on the chemical composition of the resulting oil was determined, its nutritional and medicinal properties and fields of application were discussed.

Introduced a processing line including a washer, a conveyor, a sorting machine for cutting into pieces of melon fruit, a machine for separating seeds, peeling machine, chopper for obtaining petal, supercritical extractor and packing machine.

A conclusion is made about the possibility of using the “cold” pressing method to obtain high-quality oils with high nutritional and pharmacological data, since there are all the possibilities for this.

Ключевые слова: холодная прессования, горячая прессования, жмых, экстракция, измельчение.

Keywords: cold pressing, hot pressing, cake, extraction, grinding.

В промышленности растительные масла выделяются из семян масличных растений прессованием (холодным или горячим) или экстракцией бензином. Кроме того, применяют комбинированный метод, включающий прессование с последующим экстрагированием масла, оставшегося в жмыхе, жидким растворителем, например бензолом [5].

Холодный отжим является одним из методов прессования без нагревания или при низкой температуре. После холодного отжима масляная температура и масляный коэффициент кислотности низкие. Масло холодного отжима обычно не требует рафинирования, и после осаждения и фильтрации получают готовое масло [6, 12].

Существует специальный винтовой пресс, называемый холодным прессом, где температура подачи семян масличных культур ниже 80 °С, и перед прессом не обжаривается.

Особенности метода холодного отжима:

1. Готовое масло прозрачное после холодного отжима. Если ваши стандарты требования к маслу по цвету строгие, мы рекомендуем Вам выбрать холодный отжим.

2. Качество жмыха отличное. Благодаря отсутствию высокотемпературного процесса, белок в жмыхах сохраняет первоначальное качество и не изменяется даже после пресса. Таким образом, жмых все еще имеет высокую пищевую ценность.

Горячий отжим происходит при температуре подачи масличных семян в пресс выше 80 °С. Как правило, перед прессом имеется одна жаровня, функция которой в основном состоит в том, чтобы регулировать температуру и содержание воды в масличных семенах, повышать температуру масличных семян и увеличивать конечный выход масла.

Особенности метода горячего отжима:

1. Высокая добыча масла. После обжарки и отжима больше масла в масличных семенах получают.

2. Пахнет хорошо. Благодаря высокой температуре жаровни готовое масло пахнет и пробуется хорошо.

3. Низкий остаток масла в жмыхе. После горячего отжима остаточное масло немножко в жмыхах.

Каждая масличная культура имеет свои уникальные свойства. Каждой масличной культуре нужен соответствующий метод отжима.

В последние годы начинает находить широкое распространение выработка масла так называемым «холодным» прессованием, при котором вырабатывается масло высокого качества с содержанием полезных натуральных компонентов. Масло «холодного» прессования не требует рафинации, и после очистки готово к употреблению [2].

Обычно для получения растительного масла используется длительное высокотемпературное прессование (в течение 20 мин при 120 °С). Такой метод губит полезные вещества, содержащиеся в ядрах масличных семян, в первую очередь, витамин Е и каротин. Первый замедляет процессы старения и препятствует развитию раковых заболеваний. Второй (провитамин А) отвечает за зрение и рост. Кроме того, при длительной температурной и механической обработке в масло переходят многие вредные вещества. Именно для их удаления требуется рафинация и химическая обработка, при которой разрушаются оставшиеся витамины и белки, а также снижается устойчивость масла к окислению в процессе хранения.

Нерафинированное масло, полученное «холодным» прессованием, лучше усваивается, сохраняет больше витаминов и полезных веществ, чем такое же масло, полученное горячим прессованием, и тем более рафинированным.

Однако, как известно, по содержанию масла зерна многих культур (амаранта и др.) относятся к низкомасличным культурам, с содержанием масла не выше 13...14%, и сложность процесса прессования состоит в качественной подготовке сырья с последующим извлечением масла. В большинстве своем прессы предназначены для отжима масла, из сырья масличность которых не ниже 15%, что делает их непригодными для отжима низкомасличного сырья.

Основной причиной при этом является нарушение технологического процесса формирования гранул из жмыха и вывод их через отверстия фильера из рабочей зоны прессы. К тому же известно, что для нормального функционирования образования гранул в жмыхе должно содержаться не менее 6–8% жира [7]. Поэтому для обеспечения работоспособности маслопресса «холодного» отжима за счет стабильного формирования и вывода из зоны прессования гранул жмыха, предложен усовершенствованный технологический процесс, заключающийся в том, что низкомасличное сырье подвергается прессованию в смеси с другим маслосодержащим сырьем при их общей масличности более 15%. При совместном прессовании извлекаемые из них масло перемешивается и по количественному составу достаточна для формирования гранул, а также вывода через отверстия фильера. Этим же обеспечивается работоспособность маслопресса «холодного» отжима [14]. Необходимое и достаточное количество масла в жмыхе для стабильного формирования гранул обеспечивается тем, что массовые доли смешиваемых сырьевых компонентов должны содержать жира более 15%. Последнее является также условием работоспособности масловыжимных прессов.

Известен способ холодного отжима масла из семян дыни Калахари [1]. Полученное дынное масло

используют при производстве кремов для увлажнения, регенерации и очищения кожи лица.

Основным недостатком данного способа является низкий выход масла. Известен способ [3] получения масла из семян бахчевых культур, включающий очистку от сорных примесей, сортировку, дробление, сушку и прессование раздробленных семян. При этом сушку проводят в устройстве шнекового типа для тепловой обработки масличных семян вначале при температуре от 100 °С до 110 °С в течение от 2 мин до 3 мин, а затем при температуре не выше 60 °С в течение от 20 мин до 23 мин до влажности от 3 % до 5 %. Далее проводят дробление семян до фракции размеров крупного помола.

Прессование раздробленных семян бахчевых выполняют вначале при температуре не выше 50 °С, а затем перед завершением цикла прессования за 8–10 секунд температуру поддерживают в интервале от 80 °С до 100 °С. Полученное масло имеет повышенное содержание токоферолов, витаминов и других биологически активных веществ.

Основным недостатком данной технологии является отсутствие этапа отделения плодовой оболочки, что не позволяет получить высокопротейновый жмых.

Подробно рассмотрен метод получения масла из семян косточковых плодов и путем холодного прессования, переработки семян дыни. Оптимальный способ получения высококачественного масла – холодное прессование с использованием непрерывно действующего шнекового прессы [8, 11].

Известна технологическая линия по переработке семян дыни [4] (рисунок 1), включающая мочечную машину 1, транспортер 2, сортировочную машину для резки на части плодов дыни 3, машину для отделения семян 4, машину для очистки от корки 5, измельчитель для получения лепестка 6, сверхкритический экстрактор 7, упаковочную машину 8.

Рисунок 1. Операторная схема технологической линии переработки семян дыни

Технологическая линия работает следующим образом. Плоды дыни поступают в моечную машину 1, где происходит инспекционный контроль и затем по транспортеру 2 они подаются в сортировочную машину 3. Здесь плоды дыни разрезаются на части и поступают в машину для отделения семян 4. Затем кусочки дыни, очищенные от семян поступают в машину для отчистки от корки 5. Семена дыни отводятся в измельчитель 6, где они измельчаются до лепестка, который подается в сверхкритический экстрактор. В сверхкритическом экстракторе 7, производится процесс сверхкритической экстракции с последующим разделением на белковую и липидную фракции. Далее полученные продукты поступают в упаковочную машину 8, где они фасуются в асептическую тару и отправляются на дальнейшее хранение.

Основным недостатком данной технологической линии является получение низкопротеинового

шрота, а также низкое качество масла, т.к. в процессе CO_2 – экстракции извлекаются нежелательные компоненты.

На рисунке 2 представлена структурная схема линии переработки семян бахчевых культур [13].

Технологическая линия состоит из сепаратора для очистки семян от сорных примесей, рифленых вальцов для грубого измельчения семян с получением крупки, вальцового станка для получения мятки, чанной жаровни для влаготепловой обработки мятки, шнекового форпресса для предварительного отжима масла, вальцового станка для измельчения жмыха, чанной жаровни для влаготепловой обработки измельченного жмыха, экспеллера для окончательного отжима масла, участка первичной отчистки масла, а также транспортирующих конвейеров для перемещения семян, мятки и жмыха.

Рисунок 2. Структурная схема переработки семян дыни [9]

Основным недостатком этой технологической линии является многостадийность проведения технологических процессов получения растительного масла из семян дыни, в том числе, двухэтапное измельчение семян и жмыха. Сначала осуществляется

предварительное двукратное грубое измельчение семян на рифленых вальцах с получением крупки. Затем проводят измельчение крупки на вальцевых станках с гладкими валками как минимум в два прохода.

Кроме этого, при подготовке крупки жмыха, необходимой для разрушения внутренней структуры, перед окончательным прессованием (экспеллерном) измельчение осуществляют на вальцевом станке в три – четыре прохода.

В целом такое многоэтапное измельчение обуславливает высокие энергетические затраты.

Не предусмотрен в схеме этап отделения плодовой оболочки, что не позволяет получить высокопротеиновый жмых [10].

Таким образом, результаты исследования по «холодному» прессованию показывают широкое распространение, при котором вырабатывается масло высокого качества с содержанием полезных натуральных компонентов. Масло «холодного» прессования не требует рафинации, и после очистки готово к употреблению.

Список литературы:

1. Белобородов В.В. Основные процессы производства растительных масел. - М., - 1966г. С. 85-89.
2. Васильева А.Г. Комплексное использование тыквы и ее семян в пищевых технологиях [Текст] / А.Г. Васильева, Г.И. Касьянов, В.В. Деревенко. – Краснодар: Экоинвест, 2010. – 85-99 с.
3. Голдовский А.М. Теоретические основы производства растительных масел. Пищепромиздат, - М. - 1958. С. 64-71.
4. Драган И.В. Научное обеспечение процесса форпрессования масличных культур и разработка композиций растительных масел функционального назначения: дисс... канд. тех. наук. – Воронеж, 2015. – С. 88-96.
5. Зайцева Л.В. Жиры и масла: современные подходы к модернизации традиционных технологий [Текст] / Л.В. Зайцева, А.П. Нечаев. – М.: ДеЛи плюс, 2013. – С. 35-68.
6. Мирзоев Г.Х. Разработка технологии получения растительного масла и высокопротеинового жмыха из семян дыни [Текст]: дисс... канд. тех. наук. – Краснодар, 2015. – С. 23-27.
7. Нагорнов С.А., Дворецкий Д.С., Романцова С.В., Таров В.П. Техника и технологии производства и переработки растительных масел: учебное пособие // Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – С. 5-11.
8. Остриков А.Н. Современное состояние и основные направления совершенствования маслопрессов. Информационный обзор [Текст] / А.Н. Остриков, Л.И. Василенко, М.В. Копылов. - Воронеж ГОУВПО Воронеж, гос. технол. акад, 2011. – С. 40-51.
9. Патент 2179179 Российская Федерация, МПК C11B1/06, C11B1/08. Способ получения масла семян бахчевых культур [Текст] / Чабан Л.Н., Аксененко А.И., Транский М.Б., Шапилов Г.С., Пономарева Т.Д.; заявитель и патентообладатель Межфермерский научно-производственный кооператив «Фармаол», саратовский облпотребсоюз. – № 2000100844/13; заявл. 17.01.2000; опубл. 10.02.2002. Бюл № 10. – 6 с.
10. Патент на ПМ 94419 Российская Федерация, МПК A23N 15/00. Технологическая линия по переработке семян дыни [Текст] / Франко Е.П., Касьянов Г.И., Щербаков В.Г.; заявитель и патентообладатель Кубанский государственный технологический университет. - № 2009136194/22; заявл. 29.09.2009; опубл. 27. 05.2010. – 5 с.
11. Фершау Е. Оборудование для децентрализованного «холодного» прессования масличных семян. 2000 г. (Анг. яз). С. 114-119.
12. Франко Е.П. Семена дыни – перспективный источник растительных масел [Текст] // Известия вузов. Пищевая технология. – 2009. – №2-3. – С. 15-17.
13. Шояисв С.С. Масло сливовых косточек // Масла и жиры. - 2018. - № 1-2. - С. 15-16.
14. Шояисв С. С. Технологии производства масла из косточковых культур // Масла и жиры. - 2018. - Л 1-2. – С. 17-19.

СОЗДАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Хамракулов Зоҳид Абдусаматович

*канд. техн. наук,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана*

Мамажонова Рашида Тухташевна

*ст. преподаватель,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: absarova.dilrabo1973@mail.ru*

Юсупова Наргиза Адашалиевна

*ассистент,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана*

CREATION OF A CHEMICAL PREPARATION FOR PROTECTING AGRICULTURAL CROPS ON THE BASIS OF LIMESTONE AND INDUSTRIAL WASTE

Zohid Khamrakulov

*Cand. Tech. Sci,
Fergana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Fergana*

Rashida Mamazhonova

*Senior Lecturer,
Fergana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Fergana*

Nargiza Yusupova

*Assistant,
Fergana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Fergana*

АННОТАЦИЯ

В статье обсуждаются научные соображения по созданию малотоксичного химического препарата, защищающего растения комплексным способом, на основе местного сырья и промышленных отходов.

ABSTRACT

The article discusses scientific considerations for the creation of a low-toxic chemical preparation that protects plants in an integrated way based on local raw materials and industrial waste.

Ключевые слова: растения, болезни, вредители, фунгициды, инсектициды, известняк, углекислый отход, сера.
Keywords: plants, diseases, pests, fungicides, insecticides, limestone, carbon dioxide, sulfur.

Урожайность в республике из года в год снижается, несмотря на меры, направленные на углубление экономических реформ в сельском хозяйстве, модернизацию всех секторов промышленности, эффективное использование земельных и водных ресурсов, внедрение современных эффективных агротехнологий.

По данным, в год 35 % растений, выращиваемых во всем мире, погибают, еще 14 % погибают из-за вредителей и при транспортировке и хранении [1].

Несмотря на наличие рекомендаций, разработанных учеными аграрного сектора республики, все же наблюдается ущерб в результате неполного их использования в сельском хозяйстве от вредителей и болезней. Географическое положение и почвенно-климатические условия республики очень благоприятны для развития всех видов сельского хозяйства.

Это, в свою очередь, способствует распространению различных вредителей, поражающих сельскохозяйственные культуры. Хотя вредитель питается

почти всеми частями хлопка, основной ущерб (более 80 %) наносят вредители, питающиеся его органами.

В целом ущерб, наносимый хлопку членистоногими, варьируется от региона к региону и по стране и составляет в среднем 19 %. В Узбекистане насчитывается 214 видов членистоногих, в том числе 203 вида насекомых [12].

Сегодня используются методы организационного ведения сельского хозяйства, агротехнической, биологической и химической борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур [8].

Использование химических методов борьбы с вредителями отличается простотой и быстрой эффективностью.

Многие пестициды импортируются за счет иностранной валюты. Это, в свою очередь, доставляет неудобства фермерам.

Следует отметить, что 88 из 150 основных химических веществ производятся непосредственно из серы или ее производных [2].

Сера играет важнейшую роль в приготовлении минеральных удобрений и инсектицидов для борьбы с болезнями растений.

Сера – один из наиболее широко используемых в стране инсектицидов против паслена, люцерны, гранатового червеца комстока, инжирного червя-бабочки и других вредителей грызунов.

Сера обладает репеллентными свойствами. Многие отрасли современной химической промышленности не могут функционировать без серы и ее соединений. Однако недостатком элементарной серы является то, что она очень плохо абсорбируется водой, т.е. гидрофобна. Это затрудняет получение химикатов из серы, используемых против сельскохозяйственных вредителей и болезней. Препараты серы в составе инсектицидов не опасны для человека и домашнего скота.

В качестве серных инсектицидов используются: известковый серный отвар (ISO), серный тальк, коллоидная сера. Но у этих инсектицидов есть определенные недостатки. Например, процесс получения ISO сложен и требует много времени и энергии.

Серный тальк – это желтый тальк, не растворяющийся в воде. Поэтому приготовить из него суспензию невозможно, да и расход при использовании велик.

Коллоидная сера представляет собой желтовато-серую пасту, не обладающую хорошей гидрофильностью в воде. При хранении в герметичных контейнерах она высыхает и становится непригодной для суспендирования [7].

Сера улучшает состояние почвы и повышает устойчивость растений к различным заболеваниям [3].

Исследования Б.С. Болтаева показали, что применение против пауков на хлопке 2 %-ной суспензии серы, пропитанной водой, дало высокий биологический эффект и увеличивало урожайность хлопка на 3,7–6,0 центнеров, улучшало технологические свойства волокна [4].

Также было изучено влияние серы на состояние почвы и ее способность накапливать водорастворимые питательные вещества в почве [11].

В научных исследованиях С. Гулимова установлено, что препараты серы положительно влияют на развитие хлопчатника. С развитием обработанных серой растений, появлением бутонов и стеблей было обнаружено, что эти растения отличаются от растений в той местности, где сера не используется, а урожайность на 7–12 % выше [10]. В результате недостатка серы жилки листьев растений желтеют. Это также снижает их устойчивость к низким температурам, засухе и болезням.

Из-за отсутствия соединений серы в сельскохозяйственных культурах, особенно хлопке, такие земли необходимо восполнить запасами серы.

Препараты серы обладают высокой эффективностью против расслоения, ржавчины и других болезней растений, особенно болезней и зимующих вредителей плодовых деревьев, обладают защитными и лечебными свойствами против патогенов. Растения усваивают серу из солей серной кислоты, и сера возвращается в организм. После гибели растений и животных происходит минерализация белков и других органических веществ. При этом выделяется сера в виде H_2S . Сероводород, в свою очередь, разлагается в присутствии серных бактерий с образованием серной кислоты, которая реагирует с катионами почвы с образованием солей, которые легко усваиваются растениями [8].

Защита сельского хозяйства от вредителей – сложный и трудный процесс. Целесообразно все работы в этом направлении вести в соответствии с современными требованиями, экономно и экологически. Влияние серы на вредителей хлопководства широко изучалось во многих научных исследованиях. На полях, где существует риск заражения паутинным клещом, проблема была решена путем культивирования рядов шириной 30 метров на краю поля с использованием одного из специальных акарицидов, безвредных для серных пестицидов и полезных насекомых, до тех пор, пока хлопок не будет пропален. На таких полях поражение хлопка пауками снижается на 75–80 %.

При выполнении этой задачи вместо импортных фунгицидов и инсектицидов появляется возможность создать малотоксичный химический продукт на основе местных минералов и промышленных отходов, который комплексно защищает сельскохозяйственные культуры от болезней и различных вредителей. Наша страна – одна из стран с огромными запасами полезных ископаемых и сырья. В настоящее время выявлено более 1717 месторождений перспективных полезных ископаемых. Организация промышленного производства препаратов с инсектицидными свойствами из минерала известняка, разработка его нормативно-технической документации требует информации, описывающей физико-химические и механические свойства минерала.

Определение насыпной плотности необходимо при проектировании складов, подборе бункеров и транспортного оборудования.

Например, образцы известняка имеют объемный вес 2042–2097 г/см³ при средней влажности 1,02–3,19 % и удельном весе 3089–3117 г/см³.

При увеличении влажности до 5 % их значение увеличивается в среднем в 2,12 и 1,87 раза соответственно. Естественный угол откоса в известняках

65–85°, в сере – 44–45°. Их относительная плотность колеблется в диапазоне 2,051–2,731 г/см³. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Зернистость сырья, %

Размер зерна, мм	Известняк (дополнительно обработанный)	Сера
–2 – + 0,5	–	–
–0,5 – + 0,315	3,40	2,10
–0,315 – + 0,16	39,00	7,30
–0,16 – + 0,1	30,20	24,60
–0,1 – + 0,063	20,70	40,10
–0,063 ≥	6,70	25,90
Общее:	100	100

Скорость влагопоглощения образцов сырья также исследовали в условиях относительной влажности 50, 85 и 100 % в эксикаторах. Физико-химические

и товарные свойства использованных образцов известняка и серы приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Физико-химические и товарные свойства образцов известняка и серы

Пробы	Технологические показатели				
	Влажность, %	Плотность, г/см ³	Удельный вес, г/см ³	Угол естественного откоса, град.	Протекаемость, секунд
Известняк	1,82	2,631	1,762	49	20
	2,57	2,823	1,863	57	24
	3,41	2,957	1,972	64	Не протекает
Сера	0,15	2,051	0,985	44	17
	0,28	2,122	1,075	44	19
	0,35	2,198	1,186	45	20

Равновесие влагопоглощения сырья выдерживалось в течение 11 дней, и их значение не превышало 1,8–3,0 % при относительной влажности 50–85 %. При относительной влажности 100 % влагопоглощение образцов не превышает 0,98–1,0 % по сере и 5,98 % по известняковой муке. Состав проб известняка и серы изучен методами радиографического и термического анализа. Результаты радиографического и термического анализа известняка показали, что состав основного количества карбонатов кальция подтвержден результатами химического анализа.

При термическом анализе серы наблюдалось три эндотермических 110, 130, 188 °С и три экзотермических 354, 429, 652 °С эффекта. При термическом анализе эндотермических и экзотермических эффектов были обнаружены потери. На рисунке 1 приведены результаты этих потерь.

Рисунок 1. Дериватограмма серы

Вывод. Таким образом, было описано значение пестицидов для выращивания богатых культур.

Было признано, что вместо импортных фунгицидов и инсектицидов можно создать малотоксичный химический продукт на основе местных минералов и промышленных отходов, который комплексно защищает сельскохозяйственные культуры от болезней и различных вредителей. Состав и свойства сырья, подобранного для создания малотоксичного химического препарата, защищающего

сельскохозяйственные культуры от вредных насекомых из известняка и промышленных отходов, изучены с помощью методов химического, физико-химического, физико-механического анализа. Баланс влагопоглощения сырья не превышает 1,8–3,0 % при относительной влажности 50–85 %. При относительной влажности 100 % влагопоглощение образцов не превышало 0,98–1,0 % для серы и 5,98 % для известняковой муки.

Список литературы:

1. 2018 йил – Фаол тадбиркорлик, инновацион ғоялар ва технологияларни қўллаб – қувватлаш йили» га бағишланган профессор – ўқитувчи ва ёш олимларнинг II илмий – амалий анжумани материаллари тўплами. – Тошкент, 2018. – 441 б.
2. Активация природного фосфатного сырья / Б.М. Беглов, Ш.С. Намазов, Х.Ч. Мирзакулов, Т.Ж. Умаров. – Ташкент – Ургенч : Хорезм, 1999. – 112 с.
3. Аскарлов М., Қадимий ва навқирон химия. – Тошкент, 1990. – Б. 76–78.
4. Болтаев Б.С. Эффективность новых препаративных форм серы против паутинного клеща на хлопчатнике: Автореф. дис. ... канд. хим.-физ. наук. – М., 1988. – 18 с.
5. Валников И.У., Егоров С.Г. Влияние серосодержащих удобрений на урожай культур в условиях Среднего Поволжья // Агрохимия. – 1976. – № 8. – С. 100–104.
6. Васхинил Ф.Ю. Роль серы в жизнедеятельности животного организма // Химия в сельском хозяйстве. – М., 1981. – № 9. – С. 49–54.
7. Ғўзани зарарқунанда, касаллик ва бегона ўтлардан ҳимоя қилиш. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги кимёлаштириш ва ўсимликларни ҳимоя қилиш воситалари давлат комиссияси. – Тошкент, 2002. – 380 б.
8. Кулматов Р.А., Зокиров Х.Х., Хўжабеков У.Х. Дехқончилик кимёсига доир қўлланма. – Тошкент, 1998. – Б. 36–38.
9. Маслова И.Я. Условия возникновения относительного дефицита серы и особенности его влияния на продуктивность яровой пшеницы // Агрохимия. – 1980. – № 4. – С. 82–88.
10. Проблемы классификации и сертификации по химическому составу некоторых пестицидов, применяемых в сельском хозяйстве Республики Узбекистан / М.А. Марупова [и др.] // Universum: технические науки. – 2019. – № 11-1 (68).
11. Хамракулов З.А., Мамажонов Р.Т., Юсупова Н.А. Растворимость в системе карбамид – ацефат – вода // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – 2020. – № 11 (80) / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10958> (дата обращения: 08.12.2020).
12. Хўжаев Ш.Т. Ўсимликларни зарарқунандалардан уйғунлашган ҳимоя қилиш ҳамда агротоксикология асослари. – Ташкент : Наврўз, 2014. – Б. 122–132.

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ПЕПТИДОВ ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ БЕЛКОВ ШРОТА ХЛОПЧАТНИКА

Хасанов Аббос Хасанович

*доцент,
Ташкентский химико-технологический институт
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: abbos.x@mail.ru*

Садуллаева Муаттар Султон кизи

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

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PEPTIDES OBTAINED FROM COTTON GROUND OIL-CAKE PROTEINS

Abbos Xasanov

*Assistant professor,
Tashkent Chemical-Technological Institute,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Muattar Sadullayeva

*Undergraduate,
Tashkent Chemical-Technological Institute,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

Изучена антиоксидантная активность пептидов полученных из белков хлопковой мятки и шрота хлопчатника путем их ферментативного гидролиза с кислыми (*Asp. niger*) и нейтральными протеиназами (*Bac. amyloliquefaciens*). Антиоксидантная активность полученных пептидов зависит от используемых белков и ферментов. Пептиды полученные при помощи нейтральной протеиназы обладают более высокой антиоксидантной активностью, по сравнению с пептидами, полученными с помощью кислых протеиназ.

ABSTRACT

Antioxidant activity of the peptides derived from proteins of defatted cottonseed kernels and cotton ground oil-cake by their enzymatic hydrolysis with acidic (*Asp. niger*) and neutral proteinases (*Bac. amyloliquefaciens*) was studied. Antioxidant activity of the derived peptides depended on the used proteins and enzymes. The peptides derived by using of neutral proteinase possessed higher antioxidant activity, in comparison with the peptides derived by acidic proteinases.

Ключевые слова: Белки, шрот хлопчатника, гидролиз, кислая и нейтральная протеиназа, антиоксидантная активность.

Keywords: Proteins, cotton ground oil-cake, hydrolysis, acid and neutral protease, peptides, antioxidant activity.

Антиоксиданты представляют собой важную группу пищевых добавок, которые обладают способностью защищать от вредного изменения окисляемых питательных веществ и, следовательно, увеличивают срок годности пищевых продуктов [1].

Для увеличения срока хранения готовых продуктов используются различные природные и синтетические консерванты и антиокислители. При этом большое внимание уделяется применению природных антиоксидантов на основе полифенолов [9,10,14,15] и пептидов, получаемых из растительного сырья [2,3,6].

Некоторые активные пептидные антиоксиданты и пептиды утилизирующие свободные радикалы идентифицированы в различных гидролизатах белков, таких как яичный альбумин [6], белок из сои [4], белки молока, такие как α -лактальбумин и β -лактоглобулин [7,12] и др.

В работе [8] изучено влияние различных ферментных препаратов на ферментативный гидролиз обезжиренных ядер арахиса с целью получения антиоксидантных пептидов. Гидролизаты, полученные с помощью эсперазы имели более высокую антиокислительную активность по сравнению с нейтразой,

пепсином, протеазой А и протеазой N, когда критерием оценки служила окисляемость линолевой кислоты. Молекулярная масса пептидов, полученных с помощью эсперазы, составила от 3 до 5 кД. Антиокислительная активность была в 3 раза выше, чем у аскорбиновой кислоты.

Хлопчатник является одной из важнейших масличных культур в Узбекистане. Основным побочным продуктом процесса экстракции масла из семян хлопчатника является шрот хлопчатника, который имеет относительно высокое содержание белка 35-40%, что делает его привлекательным и многообещающим источником растительных белков. Тем не менее, наличие анти-питательных веществ является одним из основных недостатков в использовании биосырья в качестве пищи для человека. Следовательно, оно, как правило, используется в качестве корма для животных.

Целью данной работы являлось изучение антиоксидантной активности пептидов полученных из белков шрота хлопчатника.

2. Экспериментальная часть

В работе использовали, нейтральную протеиназу (*Нейтраза*) и кислую протеиназу (*Пролайв РАС 30L*) производимые фирмой «Новозаймс», Дания.

В качестве белковых субстратов использовали водорастворимые и солерастворимые (10% NaCl) белки из хлопковой мятки и шрота хлопчатника.

2.1. Ферментативный гидролиз изолированных белков шрота хлопчатника.

Готовили 1% раствор соответствующего белка в 0,1 М универсальном буфере pH 2,8 в случае использования кислой протеиназы и pH 7,0 в случае использования нейтральной протеиназы. Ферментативный гидролиз проводили при температуре 37°C. Содержание продуктов гидролиза (P) определяли по калибровочной кривой, построенной по тирозину [13].

2.2. *Определение продуктов гидролиза углеводов.* К ферментированному маслу добавляли равный объем дистиллированной воды и после тщательного перемешивания центрифугировали при 5000 об/мин в течение 10 мин, отделяли водную часть и определяли содержание восстанавливающих сахаров по методу Нельсона и Шомоди [5].

2.2. *Подготовка образца пептидов.* В ходе ферментативного гидролиза белков в течение 6 часов из реакционной смеси отбирали по 5 мл пробы, нагревали на водяной бане и выдерживали в течение 5-10 мин для инактивации фермента. Затем фильтровали через бумажный фильтр и изучали их антиоксидантную активность по скорости окисления (+)-катехина.

2.3 *Измерение скорости окисления (+)-катехина* [11]. Реакционная среда в 0,1 М ацетатном буфере (pH 4,2) содержала 4 мМ (+)-катехина, 20 об % этанола и 10 мг/л FeCl₃. Содержание пептидов в 10 мл реакционной среды составляло 0,4 мкмоль. Реакционную смесь инкубировали в термостате при температуре 40°C в течение 15 дней. Каждый день измеряли оптическую плотность раствора на фотокориметре при длине волны 440 нм.

3. Результаты и их обсуждение

Известно, что содержание белков в ядре семян хлопчатника колеблется в пределах 25-38%. При этом альбумин и глобулин составляют 90% от общего количество белков.

Эти белки с различной скоростью гидролизуются кислыми и нейтральными протеиназами.

В таблице 1 приведено сравнение скорости гидролиза водорастворимых и солерастворимых белков, выделенных из хлопковой мятки и шрота хлопчатника.

Из представленных данных видно, что начальная скорость гидролиза альбумина и глобулина из хлопковой мятки кислой протеиназой почти одинакова. В случае нейтральной протеиназы альбумин наиболее сильно подвергается ферментативному гидролизу и скорость гидролиза составляет 0,4 мкмоль/час, а глобулин напротив - 0,26 мкмоль/час.

Термическая обработка мятки, способствует изменению гидролиземости белков. Так, скорость гидролиза альбумина кислой и нейтральной протеиназой уменьшается в 8-9 раз и составляет 0,07 мкмоль/час и 0,05 мкмоль/час, соответственно. Глобулин выделенный из шрота хлопчатника становится более уязвимым к кислым и нейтральным протеиназам. Скорость его гидролиза кислыми и нейтральными протеиназами составляет 0,8 и 0,62 мкмоль/час, соответственно.

Таблица 1.

Скорость гидролиза белков выделенных из хлопковой мятки и шрота хлопчатника (мкмоль/час) кислой и нейтральной протеиназой

Фермент	Источник белка			
	Хлопковая мятка		Хлопковый шрот	
	Альбумин	Глобулин	Альбумин	Глобулин
Кислая протеиназа	0,58±0,25	0,53±0,023	0,4±0,02	0,80±0,03
Нейтральная протеиназа	0,4±0,02	0,26±0,01	0,05±0,003	0,62±0,03

Состав реакционной среды: содержание белка -1%, температура -37°C, pH 7,0 в случае нейтральной протеиназы и pH 2,8 в случае кислой протеиназы.

Следует отметить, что при переработке семян хлопчатника, согласно традиционной технологии, имеется множество факторов, отрицательно влияющих на каталитические свойства ферментов.

Нежелательные продукты, образующиеся в таких условиях отрицательно влияют ферментативные процессы. При этом тепло воздействует как на белки, так и на другие органические вещества. Углеводы также подвергаются воздействию тепла, с протеканием реакции меланоидинообразования.

Для удаления сопутствующих веществ нами проведена предварительная обработка шрота хлопчатника амилолитическими ферментами для гидролиза углеводов с последующим удалением продуктов гидролиза путём промывания.

В таблице 2 приведена скорость образования восстанавливающих сахаров при ферментативной обработке хлопковой мятки и шрота хлопчатника амилолитическими ферментами.

Таблица 2.

Скорость образования восстанавливающих сахаров при ферментативном гидролизе углеводов хлопковой мятки и шрота хлопчатника

Наименование фермента	Хлопковая мятка, мг/час	Шрот хлопчатника мг/час
α -амилаза	$0,3 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,01$
α -амилаза и β -амилаза	$0,5 \pm 0,03$	$0,2 \pm 0,02$

Состав реакционной среды: содержание хлопковой мятки (или шрота хлопчатника) - 3%, pH среды 5,6, температура – 50°C, концентрация фермента по 0,1%.

Начальная скорость образования восстанавливающих сахаров при ферментации хлопковой мятки α -амилаза составляет 0,3 мг/час. При совместном использовании α -амилазы β -амилазы скорость гидролиза углеводов протекает интенсивнее и образование восстанавливающих сахаров составляет 0,5 мг/час. При ферментации шрота хлопчатника углеводы в меньшей степени подвергаются ферментативному гидролизу и скорость образования восстанавливающих сахаров составляет 0,05 мг/час в случае использования α -амилазы и 0,2 мг/час в случае совместного использования α - и β -амилаз. Низкую активность амилаз по отношению к углеводам шрота хлопчатника можно объяснить ингибирующим влиянием сопутствующих веществ, образующихся во время тепло влажностной обработки хлопковой мятки.

Несмотря на это, при очистке шрота хлопчатника от сопутствующих веществ, используя амилолитические ферменты можно удалить определенное количество углеводов и сопутствующих веществ. При этом, важное значение приобретает также значение pH промывной воды.

Для удаления сопутствующих веществ нами проведена предварительная промывка хлопкового шрота водой с различными значениями pH среды (табл.3).

Из представленных данных видно, что промывка хлопкового шрота горячей водой с pH 9,0 даёт наилучшие результаты. При этом гидролизуемость белков увеличивается в 1,4-1,7 раза по сравнению с водой со значениями pH 3,5 и 7,0.

Таблица 3.

Влияние условий промывки шрота хлопчатника на гидролизуемость белков

Значение pH воды	Содержание аминокислот, мкмоль/мл
3,5	$0,7 \pm 0,03$
7,0	$0,8 \pm 0,03$
9,0	$1,2 \pm 0,04$

На рис. 1 показано влияние ионов хлористого натрия на активность кислых и нейтральных протеиназ при гидролизе белков хлопкового шрота.

Рисунок 1. Влияние хлористого натрия на активность кислых (1) и нейтральных (2) протеиназ при гидролизе белков хлопкового шрота

Ионы хлористого натрия положительно влияют на активность кислых протеиназ. Скорость гидролиза белков шрота хлопчатника при концентрации NaCl 3%, увеличивается в 1,3-1,4 раза. При такой концентрации нейтральная протеиназа теряет 50% активности.

Продукты гидролиза белков, выделенных из хлопковой мятки и шрота обладают разными антиоксидантными свойствами. Антиоксидантная активность пептидов полученных из мятки и шрота приведена на рис. 2.

1-контроль, 2- пептиды полученные с кислой протеиназой, 3-пептиды полученные с нейтральной протеиназой

Рисунок 2. Влияние пептидов полученных из глобулина, выделенных из хлопковой мятки (а) и шрота хлопчатника (б) на скорость окисления (+)-катехина

Из представленных данных видно, что снижение скорости окисления (+)-катехина наблюдается со всеми образцами пептидов. Существенную разницу можно видеть в случае с пептидами полученными при гидролизе глобулина различными ферментами. Продукты гидролиза глобулина кислыми протеиназами обладают меньшей антиоксидантной активностью и скорость окисления (+)-катехина в модельных системах уменьшается незначительно (рис. 2а, кривая 2) по сравнению с контролем.

Наиболее высокой антиоксидантной активностью обладали пептиды, полученные с применением нейтральных протеиназ (рис. 2б, кривая 3). Из представленных данных видно, что снижение скорости окисления (+)-катехина намного ниже чем, в случае когда в среде присутствовали пептиды, полученные из глобулина при помощи кислой протеиназы.

Таким образом, белки хлопкового шрота могут быть использованы для получения пептидов с антиоксидантными свойствами.

Заключение

Ферментативный гидролиз белков хлопковой мятки и шрота кислой и нейтральной протеиназами приводит к получению пептидов с различными антиоксидантными свойствами. Было показано, что антиоксидантная активность пептидов зависит от типа протеолитического фермента.

В случае глобулина из хлопкового шрота, антиоксидантная активность пептидов, полученных с использованием нейтральной протеиназы в 2-3 раза выше, чем пептидов, полученных с использованием кислой протеиназы. Во всех случаях, пептиды, полученные с использованием кислой протеиназы, в меньшей степени снижают скорость окисления (+)-катехина.

Список литературы:

1. Andre C., Castanheira I., Cruzb J.M., Paseirob P., Sanches-Silvaa A., Analytical strategies to evaluate antioxidants in food: a review & Technology Technology, 2010, v.21, P.229-246
2. Beermann C., Euler M., Herzberg J., Stahl B. 2009. Anti-oxidative capacity of enzymatically released peptides from soybean protein isolates //European Food Research and Technology, 2009, v.229, n.4, P.637-644.
3. Chanput W., Theerakulkait Ch., Nakai Sh. Antioxidative properties of Partially purified barley hordein, rice bran protein fractions and their Hydrolysates //Journal of Cereal Science 2009, v.49, P.422-428.

4. Chen H.M., Muramoto K., Yamauchi F. Structural analysis of antioxidative peptides from soybean b-conglycinin // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1995, v. 43, P.574–578.
5. Синицын А.П., Черноглазов В.М., Гусаков А.В., Методы изучения и свойства целлюлолитических ферментов. Итоги науки и техники. Сер. «Биотехнология». ВИННИТИ. М. -1990. -Т.25. -С.30-37.
6. Davalos A., Miguel M., Bartolome B., Lopez-Fandino R. Antioxidant activity of peptides derived from egg white proteins by enzymatic hydrolysis // *Journal of Food Protection* , 2004, v.67, P.1939–1944.
7. Hernandez-Ledesma B., Davalos A., Bartolome B., Amigo L. Preparation of antioxidant enzymatic hydrolysates from a-lactalbumin and b-lactoglobulin. Identification of active peptides by HPLC–MS/MS// *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, v.53, P. 588–593
8. Hwang J.-Y., Shyu Y.-S., Wang Y.-T., Hsu Ch.-K., LWT - Anti-oxidative properties of protein hydrolysate from defatted peanut kernels treated with esperase // *Food Science and Technology*, 2010, v. 43, P.285–290.
9. Kim K.-H., Tsao R., Yang R., Cui S.W. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions // *Food Chemistry* 2006, v.95, P.466–473.
10. Lagouri V., Nisteropoulou E. Antioxidant properties of *O. onites*, *T. vulgaris* and *O. basilicum* species grown in Greece and their total phenol and rosmarinic acid content // *Journal of Food Lipids*, 2009, v.16, n.4, P.484-498.
11. Oszmianski J., Cheynier V., Moutounet M. Iron-catalyzed oxidation of (+)-catechin in model systems // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1996, v.44, P.1712-1715.
12. Pihlanto A., Antioxidative peptides derived from milk proteins // *International Dairy Journal* 16 (2006) 1306–1314.
13. Препараты ферментные. Метод определения протеолитической активности. М., 1985, ГОСТ 20264.2-85.
14. Scalbert A., Johnson I.T., & Saltmarch M. Polyphenols: antioxidants and beyond // *American Journal of Clinical Nutrition*, 2005, 81(suppl.), 215S–217S.
15. Yilmaz Y., Toledo R.T. Major flavonoids in grape seeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin and gallic acid // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, v.52, P.255–260.

DOI - 10.32743/UniTech.2021.86.5.11732

**АКТИВАЦИЯ КЫЗЫЛКУМСКОЙ ФОСФОРИТНОЙ МУКИ В ПРИСУТСТВИИ
АЗОТ-ФОСФОР-СЕРОСОДЕРЖАЩЕГО УДОБРЕНИЯ – СУПРЕФОСА-NS****Хошимов Ахроржон Ахадович**

базовый докторант,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: hoshimov.ahrorjon@mail.ru

Сейтназаров Атаназар Рейнназарович

д-р. техн. наук, гл. науч. сотр.,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: atanazar77@mail.ru

Тожиев Рустамбек Расулович

д-р. техн. наук, декан факультета архитектуры и строительных материалов
Ферганского политехнического института,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: Investa@mail.ru

Турдиалиев Умид Мухторалиевич

д-р. техн. наук,
Андижанский машиностроительный институт,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: diana-ye@yandex.com

Номозов Шухратжон Юлдашали-угли

д-р. техн. наук, PhD, ст. науч. сотр.,
Институт общей и неорганической химии АН РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: shuhratjon.nomozov@mail.ru

**ACTIVATION OF KYZYLKUM PHOSPHORITE FLOUR IN THE PRESENCE
OF NITROGEN-PHOSPHORUSSULPHUR-CONTAINING FERTILIZER – SUPREFOS-NS****Akhrorzhon Khoshimov**

Basic doctoral student, Fergana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Fergana

Atanazar Seytnazarov

Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher,
Institute of General and Inorganic Chemistry
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent

Rustambek Tozhiev

Doctor of Technical Sciences,
Dean of the Faculty of Architecture and Building Materials
of the Fergana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Fergana

Umid Turdialiev

Doctor of Technical Sciences,
Andijan Machine-Building Institute,
Republic of Uzbekistan, Andijan

Shuhratjon Nomozov*Doctor of technical sciences PhD, senior researcher,
Institute of General and Inorganic Chemistry
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Tashkent, Uzbekistan***АННОТАЦИЯ**

Показано, что механическое истирание фосфоритовой муки в смеси с продуктом, состоящим из фосфата и сульфата аммония, а также фосфата кальция позволяет получить эффективные сложносмешанные удобрения с высоким содержанием усвояемой формы фосфора. Получаемые тукосмеси легко поддаются гранулированию методом прессования либо окатывания. Применение супрефосной пульпы, состоящей из раствора фосфата, сульфата аммония и фосфата кальция также активизирует фосфоритную муку, то есть переводит в ней неусвояемой формы P_2O_5 в усвояемые для растений формы.

ABSTRACT

It is shown that mechanical abrasion of phosphorite flour in a mixture with a product consisting of ammonium phosphate and sulfate, as well as calcium phosphate, makes it possible to obtain effective compound fertilizers with a high content of an assimilable form of phosphorus. The resulting fertilizer mixtures can be easily granulated by pressing or pelletizing. The use of suprefos pulp, consisting of a solution of phosphate, ammonium sulfate and calcium phosphate, also activates phosphorite flour, that is, it converts the indigestible form of P_2O_5 into forms assimilable for plants.

Ключевые слова: фосфоритная мука, супрефос-NS, химическая и механохимическая активация, сложносмешанные удобрения.

Keywords: phosphate rock, Suprefos-NS, chemical and mechanochemical activation, compound fertilizers.

Основным фосфатным сырьем Узбекистана является месторождение фосфоритов в Центральных Кызылкумах. Но фосфориты этого месторождения бедные по фосфору, высококарбонатные и труднообогатимые. Из-за чего получить из них высококонцентрированных водорастворимых фосфорных удобрений с приемлемыми технико-экономическими показателями практически невозможно. На фосфоритовую муку бедных фосфатных месторождений, как на потенциальное фосфорсодержащее удобрение, обращают сейчас внимание многие исследователи мира. Поэтому разрабатываются различные методы её активации [1]. Под активацией понимается здесь перевод неусвояемой для растений формы P_2O_5 в фосфоритовой муке в усвояемую. Этот перевод пытаются осуществить механически [2], химически [3], механохимически [4], термически [5], комплексометрически [6] и микробиологически [7].

Мы же решили провести механохимическую активацию фосфоритовой муки с помощью аммонийных солей, основываясь на опытах Д.Н. Прянишникова, обнаружившего резкое растворяющее влияние солей аммония на фосфорит [8].

Трикальций фосфат является основным компонентом в фосфатном сырье – апатитах и фосфоритах. Поэтому задача сводится к повышению растворимости трикальцийфосфата. Для того чтобы определить степень влияния аммонийных солей на растворимость трикальцийфосфата, мы предприняли исследования, описанные в работах [9, 10]. Изотермическим методом изучили растворимость в системах $Ca_3(PO_4)_2-(NH_4)_2SO_4-H_2O$, $Ca_3(PO_4)_2-(NH_4)_2SO_4-H_2O$, $Ca_3(PO_4)_2-NH_4Cl-H_2O$ при 25 и 50°C. Результаты показали, что растворимость трикальцийфосфата в воде повышается в присутствии аммонийных солей, особенно сильно в присутствии сульфата аммония.

Так, при 25°C при концентрации сульфата аммония 40,45% растворимость $Ca_3(PO_4)_2$ в 17,2 раза превышает растворимость последнего в чистой воде. При концентрации нитрата аммония 32,29% растворимость $Ca_3(PO_4)_2$ возрастает втрое, а при концентрации хлорида аммония 17,36% – в 5,8 раз. Эти данные послужили основой для химической и механохимической активации фосфатного сырья с помощью аммонийных солей.

В воде, кстати, трикальцийфосфат растворяется также с образованием смеси одно- и двухзамещенных фосфатов [11].

Механохимическую активацию, представляющую собой сверхтонкое измельчение фосфатного сырья в присутствии физиологически кислых реагентов, в частности аммонийных солей [12-15]. В них с помощью механохимической активации превратили пылевидную фракцию, рядовую фосфоритовую муку, минерализованную массу и термоконцентрат фосфоритов Центральных Кызылкумов в эффективные азотнофосфорные удобрения. Активацию проводили путем истирания фосфатного сырья в течение 30 мин в присутствии нитрата и сульфата аммония до размера частиц менее 0,16 мм. Результаты показали, что обе аммонийные соли при этом резко повышают содержание усвояемой формы P_2O_5 в фосфатном сырье.

При механохимической активации бедных фосфоритов Центральных Кызылкумов эффективным реагентом также может служить и Супрефос-NS – продукт производства АО «Аммифос-Махам». Его состав (вес. %): $P_2O_{5\text{общ.}}$ – 23,0; $P_2O_{5\text{усв. по лим. к-те}}$ – 18,06; $P_2O_{5\text{усв. по трил. Б}}$ – 15,13; $P_2O_{5\text{водн.}}$ – 5,74; $CaO_{\text{общ.}}$ – 18,63; N – 11,0; pH – 5,3. Супрефос в основном состоит из $(NH_4)_2SO_4$, $NH_4H_2PO_4$, $CaHPO_4$, и

небольшого количества $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Продукт производится путем глубокой конверсии фосфорнокислотной гипсовой пульпы с помощью газообразного аммиака ($\text{pH}=7,5-8$), осуществляя реакцию [16-18]:

Данная реакция подтверждена системами растворимости $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4\text{-CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O-H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4\text{-CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O-H}_2\text{O}$ и $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4\text{-(NH}_4)_2\text{HPO}_4\text{-CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O-H}_2\text{O}$ [19].

В опытах использовали рядовую фосфоритовую муку (РФМ) состава (вес. %): $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$ 16,92; $\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}}$ по лим. к-те – 3,20; $\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}}$ по трил. Б – 2,71; $\text{CaO}_{\text{общ.}}$ 46,9; $\text{CaO}_{\text{усв.}}$ по лим. к-те – 20,23; CO_2 – 14,7; Смеси готовились в широком диапазоне массовой соотношений Супрефоса к фосмуке (от 1:0,1 до 1:1) Затем в течение 30 мин истирали их в фарфоровой ступке до размера частиц менее 0,16 мм. Полученные туко-смеси анализировали по известным методикам [20]. Результаты приведены в таблице и на рисунке.

Из неё видно, что Супрефос-NS также повышают содержание усвояемой формы P_2O_5 в подвергнутой механической активации муке. В изученных марках удобрений содержатся от 1,01 до 5,47% N; от 17,33 до 19,94% $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$; от 32,79 до 42,62% $\text{CaO}_{\text{общ.}}$. В них относительное содержание усвояемой формы P_2O_5 по отношению к общей меняется от 38,43 до 61,38% по трилону Б и от 37,1 до 68,0% по 2%-ной лимонной кислоте, а усвояемой формы CaO по лимонной кислоте находится в пределах 54,72-73,65%. Чем больше азота в туко-смеси, тем выше содержание усвояемой формы P_2O_5 и CaO . Так, при массовом соотношении РФМ : Супрефос-NS = 1 : 0,5 получается продукт, содержащий N – 3,64, $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$ – 18,8%, в котором $\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}}$: $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$ = 52,29%, $\text{P}_2\text{O}_{5\text{водн.}}$: $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$ = 10,58%. А при соотношении РФМ : Супрефос-NS = 1 : 1 мы имеем продукт, содержащий N – 5,47, $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$ – 19,94%, в котором $\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}}$: $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$ = 68,0%, $\text{P}_2\text{O}_{5\text{водн.}}$: $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$ = 14,69%. Они по составу уже выгодно отличается от состава (13% P_2O_5 и 1,5% N) простого аммонизированного суперфосфата. С таким содержанием усвояемого фосфора туко-смеси являются эффективными азотно-фосфорными удобрениями.

Таблица 1.

Состав продуктов механической активации фосфоритовой муки в присутствии Супрефоса-NS

Массовое соотношение РФМ : Супрефос-NS	Химический состав продукта, %						$\text{P}_2\text{O}_{5\text{водн.}}$: $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$ ×100, %
	N	$\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}}$	$\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}}$ по лим. к-те	$\text{P}_2\text{O}_{5\text{усв.}}$ по трил. Б	$\text{CaO}_{\text{общ.}}$	$\text{CaO}_{\text{усв.}}$ по лим. к-те	
1 : 0,1	1,01	17,33	6,43	6,66	42,62	23,32	3,17
1 : 0,2	1,79	17,41	7,42	7,18	41,42	23,30	5,86
1 : 0,3	2,50	18,21	8,44	8,01	40,94	23,76	7,58
1 : 0,4	3,09	18,4	9,28	8,49	39,17	23,58	9,57
1 : 0,5	3,64	18,8	9,83	9,23	37,93	22,94	10,58
1 : 0,6	4,03	18,93	10,54	9,72	35,9	23,02	11,83
1 : 0,7	4,48	19,24	11,67	10,66	35,78	23,84	12,63
1 : 0,8	4,79	19,36	12,25	11,11	34,16	23,83	13,76
1 : 0,9	5,20	19,82	13,08	11,79	33,33	24,31	13,88
1 : 1	5,47	19,94	13,56	12,24	32,79	24,15	14,69

Рисунок 1. Относительное содержание водорастворимой и усвояемых форм CaO и P_2O_5 готовых продуктов в зависимости от количества добавки супрефоса-NS

Следует отметить, что продукт механохимической активации фосфоритов обладает одним недостатком – он находится в пылеобразном состоянии и вносить его в почву крайне затруднительно. Но этот недостаток легко преодолевается, так как продукт легко гранулируется методом прессования либо окатывания [21, 22].

Мы также предприняли попытку активировать рядовую фосмуку аммонизированной Супрефосной пульпой. Будут ли она после её аммонизации до различных значений pH активизировать фосфатное сырьё или нет? Для экспериментов мы взяли фосфорнокислотную гипсовую пульпу АО «Аммофос-Махам», полученную в обычном дигидратном режиме разложения мытого обожженного концентрата серной кислотой в присутствии оборотной ЭФК. Её состав (вес.%): $P_2O_{5\text{общ.}}$ 11,6; $P_2O_{5\text{усв.}}$ 10,9; $P_2O_{5\text{водн.}}$ 10,8; $CaO_{\text{общ.}}$ 8,67; $SO_{3\text{общ.}}$ 12,8; Ж:Т = 2,5:1; pH = 0,95. То есть, она представляет собой суспензию $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ в водном растворе ЭФК.

Аммонизацию гипсовой пульпы осуществляли газообразным аммиаком до pH = 2,5-8,5. После этого пульпу анализировали на содержание различных форм P_2O_5 , CaO , SO_3 и N. В процессе аммонизации конверсия, хоть и незначительно, идет уже при pH 2,5. При pH 4,0 степень конверсии составила 25,0%. При этом пульпа содержит 11,25% $P_2O_{5\text{общ.}}$ и 1,88% N. А при pH 8,5 конверсия произошла на 97,11%. В ней 10,25% $P_2O_{5\text{общ.}}$ и 6,77% N. При такой аммонизации пульпа по-существу состоит только из дикальцийфосфата и сульфата аммония. Далее к этим аммонизированным пульпам порционно дозировали фосмуку Центральных Кызылкумов состава (вес. %): 18,72 P_2O_5 ; 47,83 CaO ; $CaO : P_2O_5 = 2,56; 15,3 CO_2$.

Продолжительность процесса взаимодействия составляла 30 мин, температура 50°C. При активации фосфатного сырья варьировались два параметра: весовое соотношение супрефосной пульпы к фоссырью и pH пульпы. Нами выбраны соотношения Супрефосная пульпа : РФМ = 100 : 10; 100 : 20; 100 : 30; 100 : 40 и 100 : 50 и pH от 2,5 до 8,5. После окончания процесса пульпа высушивалась в сушильном шкафу при температуре 100°C. Гранулирование пульпы осуществляли в процессе сушки методом интенсивного размешивания и окатывания. Затем высушенные продукты анализировались на содержание различных форм фосфора, кальция и азота.

Результаты показывают, что во всех случаях получают эффективные комплексные удобрения с прочностью гранул не менее 1,5-2 МПа. Содержание $P_2O_{5\text{общ.}}$ в них находится в диапазоне 22,37-24,27%; $P_2O_{5\text{усв.}}$ 9,83-20,86%; $CaO_{\text{общ.}}$ 20,62-37,75%; $CaO_{\text{усв.}}$ 16,78-21,46%; азота 1,73-10,68%. pH продукта лежит в пределах 3,91-7,7. При активации фосмуки пульпой при pH = 2,5 и соотношении Супрефосная пульпа : РФМ = 100:20 получаемый продукт содержит 23,94% общей P_2O_5 , причем большей частью в усвояемой для растений форме ($P_2O_{5\text{усв.}}$: $P_2O_{5\text{общ.}}$ и $P_2O_{5\text{водн.}}$: $P_2O_{5\text{общ.}}$ находятся в пределах 74,06% и 46,91% соответственно) и 3,82% азота. Важен также тот факт, что кальций в удобрении находится в усвояемой форме. Не следует забывать, что кальций является питательным элементом для растений, стоящим по значимости на пятом месте после азота, фосфора, калия и серы. Таким образом, результаты показывают, что супрефосная пульпа также пригодна для химической активации рядовой фосмуки Центральных Кызылкумов.

Список литературы:

1. Активация природного фосфатного сырья. / Б.М. Беглов, Ш.С. Намазов, Х.Ч. Мирзакулов, Т.Ж. Умаров.- Ташкент.- Ургенч: Изд-во «Хорезм», 1999.- 112 с.
2. А.с.712407 СССР. МКИ С 05В11/02. Способ получения фосфорных удобрений./ А.С. Колосов, В.В. Болдырев, М.В.Чайкина, Э.Е.Помощников, Г.И.Гордеева, Романн Паудерт, Хайнц Харенц, Герхард Хайнике, Лотар Дюнкель, Роземария Петтиг.- Бюллетень изобретений, 1980, № 4.
3. Динку И. Повышение эффективности фосфоритной муки путем её обработки небольшими количествами кислот: Автореф.дис....канд.с.-х.наук. М., 1958.-17с.
4. А.с.697486 СССР. МКИ С 05В11/00. Способ получения фосфорных удобрений./ С.П. Кочетков. Н.Н. Малахова. С.В.Хрящев, В.Н.Филин, З.А. Зорихина, В.А.Зарубина.- Бюллетень изобретений, 1979, № 42.
5. Кадушкина Л.А. Воднорастворимая форма фосфорной кислоты в термофосфатах: Автореф.дис....канд.хим.наук.- Алма-Ата, 1951.-10с.
6. Pathak D.N. Растворимость некоторых фосфатных руд Индии в присутствии комплексообразующих агентов.// J.Inst.Chem. (India).- 1980.- т.52, № 4.- с.138-140.
7. Илялетдинов А.Н. Биологическая мобилизация минеральных соединений.- Алма-Ата: Наука, 1966.-332 с.
8. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Том третий.- М.: Колос, 1965.- с. 486-495.
9. Сейтназаров А.Р., Кучаров Х., Намазов Ш.С., Мусаева С.А., Беглов Б.М. Системы $Ca_3(PO_4)_2-(NH_4)_2SO_4-H_2O$, $Ca_3(PO_4)_2-NH_4NO_3-H_2O$, $Ca_3(PO_4)_2-NH_4Cl-H_2O$ при 25 °C // Доклады АН РУз. - Ташкент, 2004. - №3. - С. 55-59.
10. Сейтназаров А.Р., Кучаров Х., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Системы $Ca_3(PO_4)_2-(NH_4)_2SO_4-H_2O$, $Ca_3(PO_4)_2-NH_4NO_3-H_2O$, $Ca_3(PO_4)_2-NH_4Cl-H_2O$ при 50°C // Химическая промышленность. - Санкт-Петербург, 2004. - № 5. - С. 262-265.
11. Pant G.N., Pathak D.N. Влияние температуры на растворимость среднерастворимых фосфатов // Fertil. Technol.1976. Т. 13. № 4. С. 296-299.

12. Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Механохимическая активация пылевой фракции фосфоритов Центральных Кызылкумов // Тр. международной науч.-практич. конф. «Проблемы химической технологии неорган., орган., силикатных и строительных материалов и подготовки инженерных кадров», 28-30 окт. 2002 г, г. Шымкент. – Шымкент, 2002г, том 1, с. 222-225.
13. Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Салимов З.С., Мирзакулов Х.Ч., Беглов Б.М. Механохимическая активация минерализованной массы фосфоритов Центральных Кызылкумов // Химическая промышленность сегодня – 2003.- №4. – с. 42-44.
14. Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Мирзакулов Х.Ч., Беглов Б.М. Механохимическая активация рядовой фосфоритовой муки Центральных Кызылкумов // Доклады АН РУз. – 2003. - № 2. – 40-43.
15. Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Мирзакулов Х.Ч., Беглов Б.М. Механохимическая активация термоконцентрата фосфоритов Центральных Кызылкумов // Доклады АН РУз. – 2005. - № 4. – с. 56-58.
16. Садыков Б.Б., Реймов А.М., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Взаимодействие компонентов фосфорнокислотно-гипсовой пульпы при её глубокой аммонизации. // Химическая промышленность, 2006, т.83, № 9, С. 411-415.
17. Sadykov B.B., Volynskova N.N., Namazov Sh.S., Beglov B.M. Technology for manufacturing fertilizer "superfos" containing nitrogen, phosphorus, sulfur and calcium. // Russian Journal of Applied Chemistry, 2010, vol.83, no 3, pp. 545-552.
18. Numonov B., Namazov S., Badalova O., Sultonov B., Alimov U. Low-waste process of complex fertilizer based on sulphuric acid processing thermic calcinated phosphorite concentrate. // Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 2020, 55(4), pp. 831-838.
19. Садыков Б.Б., Сейтназаров А.Р., Ибрагимов Г.И., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Изучение взаимодействия компонентов в системах $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 - \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 - \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$ и $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 - (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 - \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$. // Химическая промышленность, 2006, т.83, №12, С. 568-575.
20. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов / М.М.Винник, Л.Н.Ербанова, П.М. Зайцев и др. – М.: Химия, 1975, 218 стр.
21. Намазов Ш.С., Якубов Р.Я., Сейтназаров А.Р., Мусаева С.А., Беглов Б.М. Гранулирование тукосмесей из бедных фосфоритов Центральных Кызылкумов и аммонийных солей методом прессования // Химическая промышленность. - 2005. - № 4. – с.163-168.
22. Турдалиев У.М., Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Фосфорнокалийные и азотнофосфорнокалийные удобрения на основе механохимической активации фосфоритовой муки в присутствии калийных и азотных солей // Химия и химическая технология. - Ташкент, 2011. - №1. - С. 2-6.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЯЗУЮЩЕГО ДЛЯ ОСНОВАНИЯ АСФАЛЬТОВЫХ ДОРОГ И КРОВЕЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ

Шукруллаев Ботир Аманбоевич

ст. науч. сотр.,
Академия Наук Республики Узбекистан
Институт общей и неорганической химии,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Рахимов Бекзод Бахтиёрович

мл. науч. сотр.
Академия Наук Республики Узбекистан
Институт общей и неорганической химии
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: raximov2021@inbox.ru

TECHNOLOGY OF OBTAINING A BINDER FOR THE BASE OF ASPHALT ROADS AND ROOFING

Botir Shukrullayev

Senior researcher,
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Institute of General and Inorganic Chemistry,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Bekzod Raximov

Junior researcher,
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Institute of General and Inorganic Chemistry
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Исследован процесс переработки местного промышленного нефтяного шлама для получения связующего для основания автомобильных дорог и кровельного покрытия. Использован метод окисления нефтяных шламов для получения связующего. Для производства асфальтового покрытия разработана новая инновационная технология с легкой и не сложной конструкцией. Получен химический состав связующих для кровельного покрытия.

ABSTRACT

The process of processing local oil sludge to obtain a binder for the base of highways and roofing has been investigated. Used the method of oxidation of oil sludge to obtain a binder. For the production of asphalt pavement, a new innovative technology has been developed with a light and simple structure. The chemical composition of binders for roofing has been obtained.

Ключевые слова: нефтешлам, утилизация, геосреда, механические примеси, деэмульгатор.

Keywords: oil sludge, disposal, geoenvironment, mechanical impurities, demulsifier.

В настоящее время развитие получают многочисленные технологии переработки нефтесодержащих отходов, направленные на использование их ресурсного потенциала с получением различных товарных продуктов, таких как: дорожно-строительные материалы, вторичное углеводородное сырье различных технологических процессов нефтепереработки, вторичные нефтепродукты. Частичное ресурс восстановление нефтешламов способствует значительному экологическому и экономическому эффекту [1].

Нефтешламы образуются при добыче, транспортировке и переработке нефтяного сырья. Любые нефтешламы образуются в результате их взаимодействия с природной средой и формируются в условиях этой среды с течением времени. Поэтому структурные и физико-химические свойства всех нефтешламов в природе напрямую связаны с ее образованием. Нефтешламы в виде товара существенно отличаются от других нефтешламов по своему составу и свойствам, они являются высокоочищенными и наиболее приемлемыми для переработки.

Другие типы нефтешламов образуются в результате разливов нефти на землю, сбоя в технологических процессах и процессов отстоя. Исследования нефтешламов показали, что они варьируются в широких пределах из-за смешивания нефтепродуктов с водой и механическими примесями (включая песок, глину, частицы ржавчины и т. д.). Углеводороды составляют 50-98%, вода - 5-52%, а механические добавки - 4-65%. В результате изменяются физико-химические свойства нефтешламов и количество углеводородов в них. Часто состав вновь образованных нефтешламов представляет собой продукт, аналогичный нефти, которая хранится на складах. Эта форма нефтешламов обычно встречается в бассейнах автозаправочных станций.

Высоковязкие, густые и липкие (высоковязкие) нефтешламы являются высокомолекулярными соединениями морфологически сжатых нефтяных углеводородов.

Утилизация нефтяных шламов, содержащих в своем составе компоненты сырой нефти, является перспективной для нужд дорожного хозяйства. Экспериментально исследована возможность укрепления минеральных материалов и грунтов добавлением жидких и твердых нефтяных шламов. Было установлено, что введение добавок НШ позволяет улучшить строительно-технические свойства минеральных материалов: снизить водонасыщение и набухание материала, увеличить прочность в 1,50-2,55 раза [2].

Промысловый нефтяной шлам Мубарекского газодобывающего предприятия являются характерными отходами для энергетических, транспортных промпредприятий, химических и металлургических заводов.

Получения связующего из промышленного нефтяного шлама является одной из актуальных задач для Республики Узбекистан и входит в разряд импортозамещающих технологий с использованием оптимальных вариантов композиций различных материалов.

Процесс получения связующих для основания асфальтовых и кровельного покрытия из жидких

нефтешламов на основе новой технологии с легкой и не сложной конструкцией а также простейшем методом окисления в Институте общей и неорганической химии Академии Наук Республики Узбекистан.

Нами было разработано мобильное экспериментальное устройство для производства связующего для основания асфальтовых дорог и кровельного покрытия (рис. 1).

Известно, что глубокая очистка различных нефтешламов представляет собой многоступенчатый процесс, требуемый сложное технологическое оборудование и тяжелый труд, который входит в категорию крупногабаритных устройств с фиксированными энергоёмкими конструкциями.

По этой причине важной задачей является упрощение процесса получения связующих для асфальтового и кровельного покрытия из жидких нефтешламов на основе новой технологии с легкой и не сложной конструкцией.

Рассмотрим принцип работы испытательной установки для получения связующего для основания асфальтовых дорог и кровельного покрытия из жидких нефтешламов. Жидкий нефтешлам отстаивается в течение 3-4 часов, затем для повышения его текучести за счет уменьшения его вязкости нагревается до примерно 70-80°C, выливается в емкость 1 устройства для сырья, затем газовая горелка 16 включается для повышения температуры в колонне, и дозирующая труба 15 медленно направляет окисляющий воздух на дно колонны.

Когда температура в колонне поднимается до 150-160°C, кран 2 открывается и жидкий нефтешлам медленно направляется вниз по потоку в нижнюю секцию 3 колонны, и легкие летучие фракции в жидком нефтешламе испаряются и перемещаются выше по потоку от колонны и конденсируются через конденсатор 10 для охлаждения паровой фракции через 8 труб (легкие фракции в конденсаторе охлаждаются водой) и падает в мерную колбу 11 для сбора конденсата.

1-контейнер для сырой нефти; 2-кран для регулировки расхода сырья; 3-полосная колонна; 4-упаковка для готовой продукции; контейнер для 5 готовых изделий; 6-клапан сброса лишнего давления; 7-манометр для измерения давления в колонке; 8-паровая выпускная труба; 9-труба для дыма выхлопных газов; конденсатор для охлаждения 10-паровой фракции; 11-мерная трубка для сбора конденсата; 12-конденсатный коллектор; 13-снаряд вождения конвоя; 14-термометры для измерения температуры в колонке; 15-окислительная воздухозаборная труба; 16-труба для топливного газа; 17-дно колонны.

Рисунок 1. Технологическая схема устройства для получения связующего из жидкого нефтешлама

Такая мерная колба служит для идентификации и разделению конденсированных фракций по температуре испарения. Каждую фракцию разливают в отдельные бутылки в соответствии с ее фракционным составом. Фракции контролируются 14 термометрами. Давление в колонне контролируется 7 манометрами. Избыточное давление автоматически попадает в атмосферу через выпускной клапан 6. Как только жидкий нефтешлам в резервуаре для сырья полностью попадет в колонну, кран 2 закроется, температура в колонне повысится до 300°C, и подача воздуха будет продолжаться. Процесс заканчивается, когда легкие фракции прекратят попадать в измерительную колбу.

В конце эксперимента остаточная фракция охлаждается до температуры 50–60°C и выливается в отдельный контейнер. Полученная масса может быть использована в качестве связующего для основания асфальтированных дорог и кровельного покрытия.

Экспериментальная установка предполагает, что процесс является прерывным и непрерывным в реакторе с непрерывным фракционированием и

окислением. Фракции, выходящие из нефтешлама, одновременно выходят из верхней части колонны, а также окисляются путем нагнетания атмосферного воздуха в сырье. Окисление проводят при 300°C в течение 3-4 часов.

На сегодняшний день проводится огромное количество научно-исследовательских работ по получению связующих веществ из нефтешламов и в основе каждого научно-практического исследования лежит разработка технологий, которые являются экономически эффективными. Эта научно-исследовательская работа направлена на очистку нефтешламов от присадок и применение их в необходимых областях промышленности.

Нерастворимые при температуре 3000 С соединения углеводородов и азотсодержащие первичные продукты медленно собираются. То есть соединения с углеродами выше C15 образуют нефтешламы. Кроме того, эти углеводороды также содержат азот и серу.

Химический состав связующих для кровельного покрытия полученных из нефтешламов приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Химический состав связующих из различных нефтешламов

Наименование группового состава углеводородов	Различные виды нефтешламов, % масс			
	Грунтовые	Придонные	Резервуарные	Промысловые
Высокомолекулярные парафиновые	10-35	10-40	5-20	10-30
Ароматические конденсированные	12-20	25-30	15-18	25-30
Ароматические нафтенy	20-25	20-25	25-40	20-25
Смолисто асфальтеновые	18-22	13-17	20-25	30-45

Как видно из полученных данных таблицы 1, в состав нефтешлама входят: высокомолекулярные парафиновые соединения - 5÷40%, ароматические конденсированные соединения – 12÷30%, ароматические нафтенy – 20÷40%, а асфальтеновые смолы – 13÷45%.

Исходя из полученных выше указанных результатов а также после окисления нефтешламов в экспериментальной технологии получен связующий для кровельного и фундаментного покрытия направлен на испытании в строительный участок ХРСУ-1 находящийся под руководством ООО “Бухара Проспер Инвест”.

Вывод

1) Промысловый нефтяной шлам Мубарекского газодобывающего предприятия был изучен и направлен на переработку.

2) Разработано мобильное экспериментальное устройство для производства связующего для основания асфальтовых дорог и кровельного покрытия.

3) Получен химический состав связующих из различных нефтешламов.

4) Полученные связующее направлены на эксплуатационное испытание строительный участок ХРСУ-1.

Список литературы:

1. Пименов А.А. Управление отходами и остатками предприятий химии и нефтехимии с использованием их ресурсного потенциала: дисс...докт. техн. наук: Андрей Александрович Пименов: Самарский государственный технический университет. – Самара, 2017. – 263 с.
2. Брехман А.И., Ильина О.Н., Трифонов А.А. Органоминеральные смеси на основе нефтяных шламов // Изв. КГАСУ. – 2010. – № 1. – С. 264-267.

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ****Эшматов Абдор Мамарасулович**

преподаватель

Чирчикского государственного педагогического института,

Республика Узбекистан, г. Чирчик

E-mail: mail@abror.eshmatov@inbox.ru**Комилов Камаридин Уринович**

преподаватель

Чирчикского государственного педагогического института,

Республика Узбекистан, г. Чирчик

E-mail: mail@qkomil65@mail.ru**Курбанова Айпара Джолдасовна**

преподаватель

Чирчикского государственного педагогического института,

Республика Узбекистан, г. Чирчик

Мухамедов Гафуржан Исраилович

преподаватель

Чирчикского государственного педагогического института,

Республика Узбекистан, г. Чирчик

**APPLICATION OF INTERPOLYMER COMPLEXES FOR IMPROVING
THE AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOILS****Abror Eshmatov**

Teacher

of Chirchik State Pedagogical Institute,

Uzbekistan, Chirchik

Qamariddin Komilov

Teacher

of Chirchik State Pedagogical Institute,

Uzbekistan, Chirchik

Aypara Kurbanova

Teacher

of Chirchik State Pedagogical Institute,

Uzbekistan, Chirchik

Gafurjan Mukhamedov

Teacher

of Chirchik State Pedagogical Institute of Tashkent Region,

Uzbekistan, Chirchik

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена получению композиционных материалов и композиционных комплексов на основе интерполимерных комплексов и фосфогипса, их использование как средство капельного орошения, как средство обессоливания засоленных почв. Которые приводят к улучшению агрофизических свойств почвы.

ABSTRACT

The article is devoted to the work of obtaining composite materials and composite complexes based on interpolymer complexes and phosphogypsum, their use as a means of drip irrigation, as a means of desalting saline soils. Which lead to an improvement in the agrophysical properties of the soil.

Ключевые слова: Интерполимерный комплекс (ИПК), композицион материал (КМ), почва, гидрогель, оросительная вода, мочевино-формальдегидная смола (МФС)

Keywords: A interpolymer complex (IPC), composite material (CM), soil, hydrogel, irrigation water, urea-formaldehyde resin (MPS)

Введение. Применение фосфогипса обогащенный с интерполимерными комплексами эффективно в различных почвенно-климатических зонах для подкормки зерновых, овощных, технических и других сельскохозяйственных культур, увеличивает урожайность хлопчатника и технологическое качество его волокна. Применение фосфогипса обогащенный с интерполимерными комплексами в качестве химического мелиоранта улучшает химические, физические и водно - физические свойства почвы. Испытаний оросительных материалов, приготовленных из интерполимерных материалов в поливах хлопчатника, показали их высокую эффективность [1, 4].

Один из способов улучшить сложные свойства интерполимерных материалов (ИМ) - это модифицировать их, добавляя в их состав различные добавки. Это, в свою очередь, приводит к улучшению прочности, твердости, термостойкости, водостойкости и ряда других важных свойств материала.

В литературе [3] сообщается, что можно контролировать свойства интерполимерных комплексов (ИПК), изменяя природу межмолекулярных связей взаимодействующих компонентов. ИПК образуются в результате взаимодействия исходных материалов в эквивалентном уравнении, а интерполимерные комплексы (ИПК) образуются в результате чрезмерного введения одного из веществ.

Отметим, что известные способы уменьшения фильтрации воды с созданием противифльтрационных экранов с добавками ПАВ, оргминеральных веществ и другие являются экономически нецелесообразными и не нашли широкого применения [2].

Применение новых интерполимерных комплексов (ИПК) благодаря своей растворимости в нейтральных и слабощелочных средах, а также длительной устойчивости растворов при хранении, дает возможность приготавливать в одной емкости растворы, содержащий ИПК. Кроме того, ИПК можно получить и в сухом виде (в виде порошка), который хорошо растворяется в воде и удобен при хранении и транспортировке. Перед нанесением на почву для увеличения водостойкости пленки ИПК, pH-раствора снижается до 2,5-3, и тогда на почве образуется водонерастворимый ИПК. С практической точки зрения применение поликомплексов имеют важнейшее преимущество перед любыми известными полимерами ввиду их высоких закрепляющих способностей.

Методы. В исследовании использовались карбамидоформальдегидная смола (КФС-Ж7), натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ-Na) и ИПК, полученные в избытке КФС-Ж-7 [3]. Эффективность применения наполненного ИМ еще больше повышается за счет включения в него различных отходов производства в качестве его наполнителя. Поэтому в наших исследованиях мы использовали фосфогипс-сульфат кальция - дополнительный мусор, который много лет накапливался на химическом заводе по производству суперфосфата в Алмалыке. Основные составляющие выходного образца фосфогипса (в% от дигидрата) приведены в таблице ниже.

Таблица 1.

**Состав вторичного сырья (фосфогипса)
Алмалыкского комбината фосфорных удобрений «Аммофос-Максам»**

№	плот- ност/см ³	SiO ₂	P ₂ O ₅ общ.	CaO	MgO	SO ₃	F _{общ}	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Нерас. осадок
1	2,3	13,75	2,00	29,81	вид	44,33	0,42	0,29	0,31	0,39
2	2,4	12,44	1,39	31,33	0,5	44,95	0,39	0,64	0,58	0,48

Кроме того, мы использовали песок с размером частиц 0,2-0,25 мм.

Результаты и их обсуждения. Исследования показали, что фосфогипс сушили до порошка при 1200 ° С, и образцы на основе просеянных частиц песка размером 075–1 мм были эффективными. Количество фосфогипса без изменения соотношения основных составляющих (начиная с 15 массовых долей, но масса песка не изменилась) определяли по результатам многих лабораторных экспериментов в модифицированных образцах с содержанием

20-25 мкв. ИМ, состоящий из фосфогипса, обладает лучшими механическими свойствами и устойчивостью к воде и агрессивным (растворы солей разной концентрации) средам. Следует, что использование фосфогипса в ИМ увеличивает его прочность, но снижает его пористость, поэтому фосфогипс необходимо сушить при температуре выше 1200 ° С, измельчать (через сито) и добавлять в предписанном количестве. Это, в свою очередь, не только обеспечивает прочность материала, но и позволяет получить ожидаемый пористый ИМ.

Рисунок. Компоненты

Заключение. Таким образом, ИМ (ИПК - фосфогипс и песок), полученный на основе КФС - КМЦ - ППК, показал, что составляющие равномерно распределены и имеют достаточно однородную структуру. В результате одновременного образования двух комплексов и процессов поликонденсации КФС образуется сложная структура, в которой свойства ИПК и ИМ не только дополняют, но и усиливают друг друга. Это значительно улучшит физико-механические свойства ИМ, что, в свою очередь, предоставит широкий спектр практических применений

для капельного или инфильтрационного орошения из таких пористых ИМ.

Для управления свойствами полученного ИМ используются: - линейный полимер-полимер (полуэлектrolитные комплексы ПЭК); Рекомендуется использование ИПК с линейными полимерно-компактными частицами.

Второй компонент используется в двух разных формах: песок и ФГ.

Список литературы:

1. Кульман А. Искусственные структурообразователи почвы. –М.: Издательство «Колос» , 1982. – 112 с.
2. Ахмеджанов Г., Ахмеджанов Д.Г. Водосберегающая технология, обеспечивающая повышение качества полива// Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. - Н. -2011. - С. 6-11.
3. Ахмедов А.М. Химические мелиоранты на основе интерполимерных комплексов и фосфогипса// Вестник ТГТУ. - 2018. - № 4. - С.157-159.
4. Муравьев Е.И. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве// Экологический вестник северного кавказа. -2010. - № 4. -Том 6. – С. 85-89 .

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

DOI - 10.32743/UniTech.2021.86.5.11740

УЛУЧШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВОДОВ
ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ*Аъзамов Саидикром Саидмуродович**ассистент кафедры «Альтернативные источники энергии»,
Андижанского машиностроительного института
Республики Узбекистан, г. Андижан
E-mail: azamovsaidikrom1992@mail.com*

IMPROVING THE MECHANICAL STRENGTH OF HIGH VOLTAGE ELECTRICAL WIRES

*Saidikrom Azamov**Assistant, Andijan Machine-Building Institute,
Republic of Uzbekistan, Andijan*

АННОТАЦИЯ

В этой статье обсуждаются проблемы с электрическими проводниками высокого напряжения и работы, которые необходимо выполнить для увеличения их механической прочности и срока службы.

ABSTRACT

This article discusses the problems with high voltage electrical conductors and the work that must be done to increase their mechanical strength and service life.

Ключевые слова: высоковольтной кабельной, Токоприемником, высоковольтной контактной сети, с помощью стальных угольников.

Keywords: High-voltage cable, Pantograph, high-voltage contact network, using steel squares.

Сегодня высокоэффективные альтернативные источники энергии эффективно используются в ряде стран мира.

Актуальность темы. Сегодня высокоэффективные альтернативные источники энергии эффективно используются в ряде стран мира. Также растет спрос на высоковольтные линии электропередачи и источники питания. С помощью таких сетей передается качественное электроснабжение. Это качество в свою очередь неразрывно связано с контактной сетью и оборудованием контактной сети.

Иметь представление о теоретических основах высоковольтного электроснабжения, расчётных режимах системы электрической тяги, контактной сети и электрооборудования высоковольтной сети, результатах научно-технических реформ в данной местности и региональных проблемах и перспективы возобновляемой и невозобновляемой энергии.

Цель работы. Цель исследования высоковольтной кабельной сети состоит из

- формирования знаний по кабельному электрообеспечению, навыков квалификации по специальности, решения возникающих проблем по процессу расчёта проектирования и контактной сети, исследования путей качественного электрообеспечения потребителей.

- Обучения персонала предприятий высоковольтных кабельных линий на основе теоретических и практических знаний как рассчитывать рациональных структурных схем и параметров.

Исследование высоковольтной контактной сети создает ряд преимуществ для снижения потерь в области электроснабжения населения и выборе механически прочных проводников и их выборе с учетом регионов:

Нормативные и технические требования высоковольтной контактной сети;

Расположение и габариты высоковольтной контактной сети;

Современные методы оценки расположения высоковольтной контактной сети;

Методы расчёта взаимосвязи контакта между токоприёмником и подвесным проводником;

Существующие методы расчета взаимодействия подвеса высоковольтного контакта с токоприёмником и оценки результатов исследований [2];

Механический расчет контактных подвесов высокого напряжения;

Он состоит из ведения расчетов проводов в анкерной секции.

Научная новизна. Новые методы расчета взаимодействия между высоковольтным токоприёмником и

контактной подвеской, поиск способов уменьшения количества неисправностей, вызванных дуговым разрядом между контактным проводом и токоприемником.

Основу высоковольтных линий электропередач, как известно, составляют железобетонные опоры.

Рисунок 1. Высоковольтный провод на железной основе

При изменении температуры окружающей среды в жестко закрепленных проводниках возникают механические напряжения (особенно во внешней среде), и опоры шин воздействуют на конструкцию. Чтобы защитить изоляцию проводника от излучения, деформации шин и их несущие конструкции должны быть установлены таким образом, чтобы шины, установленные на изоляторе, скользили при расширении и растяжении под действием тепла. Когда абсолютно фиксированные и монтажные точки не меняются с расстоянием, температура воздуха и механическое напряжение на шину определяются по следующей формуле:

$$\Sigma = E(\alpha/\delta) \quad (1)$$

здесь σ — напряжение секции, Па; E — модуль упругости материала шины, Па; α — температурный коэффициент удлинения, $1/\alpha/\delta$ — повышение температуры шины, К.

В рисунке видно, как крепятся высоковольтные проводники цельнометаллическим опорам. Жесткие поперечные ригели сделаны в виде металлической фермы из параллельных поясов и раскосых решеток. Для усиления конструкции в фермах устанавливаются связывающие распорки.

Отдельные блоки соединяются с помощью стальных угольников. В зависимости от количества линий, цельнометаллические опоры могут иметь длину от 16,1 до 44,2 м и собираться из двух, трех и даже четырех блоков.

Рисунок 2. Высоковольтные проводники

На рисунке 2 видно, как крепятся высоковольтные проводники к железобетонным опорам, конечно, важна каждая деталь.

Практическое значение. Выполнение нормативных и технических требований в высоковольтной контактной сети и выполнение расчетов механических подвесов приведет к новым этапам развития системы электроснабжения. Выполнение требований качества к кабельной сети гарантирует эксплуатацию и обслуживания населения.

При выборе контактного материала должны учитывать то, что использование всех его свойств сокращает срок службы. Некоторые требования

контактам имеют такие значения, при этом даже иногда можно пренебречь отрицательным свойствами, но такие контакты нельзя применять для потребителей не во всех средах. С точки зрения сваривания ставятся очень строгие требования отдельным контактам.

Что касается сварки, к некоторым контактам могут предъявляться очень строгие требования. Они возникают при создании защитных устройств (особенно при токах короткого замыкания и токах более 10 Ка). В таких условиях гораздо выгоднее использовать жидкий металл.

Список литературы:

1. Амиров С.Ф. Электрифицированное электроснабжение железных дорог: Учебник для вузов. – Т.: «БадйКате» МЧЖ, 2016. – 490 С.
2. Аъзамов Саидикром Саидмуродович /The Prospects Of The Construction Of Hydroelectric Power Plants In Uzbekistan And The Issues Of Increasing Their Number And Widespread Use/The american journal of engineering and technology
3. Н.Усмонхўжаев, Б.Ёқубов, А. Қодирой, Г. <СоғатовЭлектртаъминоти>
4. Optron na osnove APV - priemnika / Alijanov D.D. // Muxammad al-Xorazmiy avlodlari, № 3 (13), sentyabr 2020 st.64-66.
5. Raximov N.R., Alijanov D.D. Matematicheskiy model APV – priemnika // Muxammad al-Xorazmiy avlodlari, №2(4) 2018г.
6. N.R. Raximov, A.N. Sereznov, B.N. Raximov, D.D. Alijanov (2017). Jig-sensitive optical detectors based on semiconductor films with anomalous photovoltage // 13th International Scientific-Technical Conference APEIE.
7. D.D. Alijanov, U.A. Axmadaliyev. (2020). The Peculiarities Of Automatic Headlights. The American Journal of Engineering and Technology, 13-16.
8. Photosensitive sensors in automated systems / Alijanov D.D., Boltaboyev I.M. // Photosensitive sensors in automated systems // Internauka: elektron. nauchn. jurn. 2020. № 23(152).
9. D.D. Alijanov, K.S. Mirzaev, J.N. Usmonov, I. Anarboev, Z.M. Soxibova. (2017). Preimuchestva ispolzovaniya APV-elementov v avtomatizatsii. Avtomatika i programnaya injeneriya, 114-118.
10. D.D. Alijanov, N. Rakhimov. (2020). Optoelectronic Method for Determining the Physicochemical Composition of Liquids . Automatics & Software Enginery, 51-53.
11. A. Yusupov, S.R. Aliev, D.D. Alijanov, J.N. Usmonov. (2017). Sozдание i nekotorie svoystva poverxnostnobaryernogo perexoda Ag/Cu2ZnSnS4. Avtomatika i programnaya injeneriya, 73-76.
12. D.D., A. (2013 g.). Osobennosti polucheniya fotochuvstvitelnix plenok s anomalnim fotonapryajeniem. Avtomatika i programnaya injeneriya, 81-84.
13. D.D. Alijanov, I.M. Boltaboyev. (2020). Development of automated analytical systems for physical and chemical parameters of petroleum products. ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal, 631-635.
14. D.D. Alijanov, U.A. Axmadaliyev. (2021). APV Receiver In Automated Systems. The American Journal of Applied sciences, 78-83.
15. S.S. Azamov, R. Uzakov // Improving transformer protection//

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД
НА ОСНОВЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ И ПОЛЫХ СВЕТОВОДОВ**

Хаитова Азиза Рузидаматовна

стажер-исследователь

Ташкентского государственного технического университета имени Каримова

Узбекистан, город Ташкент.

E-mail: xaitovaaaziza45@gmail.com

**TECHNICAL MEANS OF CONTROL AND DIAGNOSIS OF PROCESS UNITS
FOR PURIFICATION OF INDUSTRIAL WASTE WATER BASED ON OPTOELECTRONIC
AND HOLLOW LIGHT GUIDES**

Aziza Khaitova

Research assistant

at the Karimov Tashkent State Technical University,

Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Оптико – электронные устройства на основе полых световодов весьма эффективны при контроле линейных и угловых перемещений, уровня жидкостей и других величин. Однако до сих пор вопросам выбора оптимальной структуры этих устройств и расчёту конструкций с оптимальными параметрами не уделялось достаточного внимания.

ABSTRACT

Optoelectronic devices based on hollow fibers are very effective in controlling linear and angular displacements, the level of liquids and other quantities. However, until now, the issues of choosing the optimal structure of these devices and calculating structures with optimal parameters have not been given sufficient attention.

Ключевые слова: оптика, электронные устройства, световодов, оптимальные параметры.

Keywords: optics, electronic devices, optical fibers, optimal parameters.

Сточные воды, образованные в процессе промышленной и хозяйственной деятельности человека, имеют вредные для природы примеси и должны быть очищены перед сбросом их в естественный водоем. Для этого строятся очистные сооружения, включающие в себя целый комплекс мероприятий по очистке отработанных вод.

В данной работе предпринята попытка разработки методики проектирования рассматриваемых устройств на основе их графовых моделей. Известны работы [2, 3], в которых положения теории

сигнальных графов успешно применялись к анализу и расчёту различных оптико – электронных устройств. Предлагаемая графовая модель отражает структурные свойства устройства, т. е. при таком представлении элементы реальной конструкции устройства и характеризующие их параметры отождествляются с ветвями и узлами графа.

В общем случае для рассматриваемых устройств входной величиной $X_{вх}$ являются перемещение, концентрация, мутность, а выходной $X_{вых}$ – электрические величины: напряжения

Рис. 1

 $U_{э \text{ вхх}}, \text{ ток } I_{э \text{ вхх}}.$

Рисунок 1. Физические модели оптико – электронных преобразователей перемещения (а), уровня (б) и концентрации (в), графовая модель (г)

На рис. 1, а – в приведены физические модели оптико – электронных преобразователей перемещения (а), уровня (б) и концентрации (в), а на рис. 1, г их графовая модель.

Рассматриваемые оптико – электронные устройства состоят из источника излучения (ИИ) – 1, основного неподвижного полого световода (ПС) – 2 приёмника излучения (ПИ) – 3 в виде фоторезистора. Принцип действия этих устройств основан на изменении распределения светового потока вдоль оси ПС под воздействием $X_{вх}$. В устройстве, изображенном на рис. 1, а, при перемещении подвижного ПС (4) с коэффициентом отражения внутренней поверхности ρ_2 вдоль 2 с коэффициентом отражения ρ_1 ($\rho_1 < \rho_2$), происходит изменение распределения светового потока и освещенности 3 [4]. В конструкции на рис. 1, б перемещение уровня жидкости 5 также вызывает изменение распределения светового потока вдоль световода и изменение освещенности 3. На рис. 1, в изменение концентрации жидкости (газа) $X_{вх}$ приводит к изменению распределения светового потока вдоль 2 и, следовательно, освещенности 3.

В оптико – электронных устройствах можно выделить цепи различной физической природы: электрические (цепи питания и измерения), оптические (цепь преобразования), механические (цепь входной величины), гидравлические (также входной величины) и др. в любой цепи можно выделить обобщенные величины воздействия (напряжения) U_i и реакции (скорости или тока) I_i а также параметры сопротивления R_i и проводимости G_i . Хотя вопросы аналогии величин и параметров достаточно полно рассмотрены в ряде работ [5,6], однако до настоящего времени недостаточно разработаны оптические аналогии напряжения и тока (потока).

Авторы на основе понятий геометрической оптики применительно к распределению светового потока вдоль полого световода использовали формальную аналогию [1], в которой в качестве электрического тока используется световой поток I_0 , а напряжения — освещенность U_0 . В общем случае в графовую модель оптоэлектронного устройства, отображающую принципы построения и преобразования оптико-электронных устройств (преобразователей), входит другая, исходящая из вершины $X_{вх}$ и входящая в вершину $X_{вых}$. Этот граф ($X_{вх}, X_{вых}$) преобразуется в –искомый (рис. 1, г) отображающий принципы построения и преобразования и позволяющий по строить функцию преобразования. На графовой модели (рис. 1, г) цепь питания представлена подграфом U_{31}, I_{31} , для которой весом дуги является произведение схемной (внутрицепной) функции T_{31} и параметра P_{31} . Далее ток I_{31} в ИИ преобразуется в световой ток (поток) I_0 (подграф I_{31}, I_0). Функцией связи между цепями электрической и оптической природы является межцепная функция $K_{31} I_{31} I_0$, т.е. вес подграфа I_{31}, I_0 . Цепь преобразования U_0 в $X_{вых}$ отображена на графовой модели (рис. 1, г).

Входная величина $X_{вх}$ согласно принципу действия воздействует на распределение I_0 вдоль ПС, что отображается через воздействие $X_{вх}$ на T_0/P_0 и выражается через межцепную функцию. $K_{X_{вх}}, T_0/P_0$, т. е. $T_0/P_0 = K_{X_{вх}}, T_0/P_0 X_{вх}$, а $U_0 = K_{X_{вх}}, T_0/P_0 \cdot I_0 X_{вх}$. На основании данной графовой модели можно записать функцию преобразования в общей форме

$$X_{вых}(U_{вых}) = T_{32} P_{32} U_{32} K_{U_0} T_{33} P_{33} K_{X_{вх}} T_0 P_0 K_{I_{31}} I_{31} T_{31} P_{31} U_{31} X_{вх}. \quad (1)$$

Графовая модель на рис. 1, z и функция (1) дают общий, принцип построения и преобразования рассматриваемых устройств. Возможно большое число вариантов как цепей воздействия ($X_{вх}$, $T_0\Pi_0$ или $X_{вх}$, $KI_{\Sigma}I_0$ и $X_{вх}$, $Ku_{T_{\Sigma}P_{\Sigma}}$), так и цепей ИИ ($I_{\Sigma}I_0$) и ПИ С измерительной схемой (U_0 , $X_{вх}$). На основе конкретных требований и условий эксплуатации необходимо выбрать оптимальный вариант технической реализации указанных цепей и всей структуры

устройства. При этом будут раскрыты все схемные и межцепные функции, входящие в (1). Для выявления возможного множества, вариантов структуры устройства наиболее целесообразно разработать морфологическую матрицу (см. таблицу), в которой по горизонтали будут представлены варианты технических реализаций отдельных подграфов (цепей), а по вертикали типы цепей в структуре устройства.

Таблица 1.

Морфологическая матрица

№ п/п	Подграфы (цепи)	Варианты технических реализаций			
		1	2	...	n
1	$U_{\Sigma}I_{\Sigma}$ $I_{\Sigma}U_0$ I_0U_0 I_1U_0	P_{11}	P_{12}	...	P_{1n}
2		P_{21}	P_{22}	...	P_{2n}
3		P_{31}	P_{32}	...	P_{3n}
4		P_{41}	P_{42}	...	P_{4n}
...	...	...	...	...	...
m		P_{m1}	P_{m2}	...	P_{mn}

Выбор той или иной технической реализации отдельных цепей и всей структуры устройства из ряда альтернативных вариантов может быть осуществлен на основе ранжировки вариантов технических реализаций по совокупности показателей основных характеристик: чувствительности (S), диапазона преобразований (D), интенсивности отказов (τ), погрешности (γ), постоянной времени (T), стоимости (C).

Губительное действие неочищенных сточных вод на окружающий мир имеет комплексный характер. Часть примесей, обладающих большой летучестью (многие углеводороды и их производные), может легко испаряться, попадать в воздух.

Другие поступают со стоками в природные водоемы, вызывают отравление его обитателей. Остальные компоненты всасываются в почву, загрязняют грунт, затем подземные воды.

В конечном итоге токсины неизбежно попадают в организм человека, провоцируют заболевания. Единственная возможность избежать негативных последствий – очистка промышленных сточных вод.

точными называют воды, которые были в использовании или проходили по загрязненным поверхностям. Они имеют сугубо производственное, хозяйственное или атмосферное происхождение и подразделяются на следующие виды:

- **Производственные стоки** – это воды, использованные в технологических процессах.
- **Хозяйственные загрязнения.** Появляются от туалетов, прачечных, душевых, заведений общепита, обязательно имеющихся на предприятиях.

Список литературы:

1. Алексеев П.Ф., Сорокин В.М. Приложение метода сигнальных графов к расчету схем с оптоэлектронными элементами // Полупроводниковая техника и микроэлектроника. — Киев: Наук. думка, 1975. — Вып. 19. — С. 87—91.
2. Воднев В.В., Корблев И.В. Графовая методика построения математических моделей оптико-акустических газоанализаторов // Изв. вузов СССР. Приборостроение. — 1988. — № 1. — С. 67—72.
3. Азимов Р.К., Шипулин Ю.Г. Оптоэлектронные преобразователи больших перемещений на основе полых световодов. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 56 с.
4. А. с. № 540276 СССР. Фотоэлектрический датчик угловых и линейных перемещений / Р.К. Азимов, Ю.Г. Шипулин // Б.И. — 1976. — № 47.
5. Полищук Е.С. Измерительные преобразователи. — Киев: Вища школа, 1981.
6. Зарипов М.Ф., Никонов А.И., Петрова И.Ю. Элементы теории информационных моделей преобразователей с распределенными параметрами. — Уфа: БФ АН СССР, 1983.

ЭНЕРГЕТИКА

СРАВНЕНИЕ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ ПРИ ПНЕВМАТИЧЕСКОМ И МЕХАНИЧЕСКОМ
ПЕРЕМЕШИВАНИИ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ*Алиматов Баходиржон Абдуманнович**д-р. техн. наук, профессор
Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова,
РФ, г. Белгород
E-mail: aba02101949@rambler.ru**Садуллаев Хамидулло Мансурович**ст. преподаватель кафедры «Технологические машины и оборудование»
Ферганского политехнического института,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: sadullayev.ferpi@gmail.com**Хошимов Авазбек Обиджон угли**ассистент кафедры «Технологические машины и оборудование»
Ферганского политехнического института,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: avazbek.tmj@mail.ru*COMPARISON OF ENERGY COSTS FOR PNEUMATIC AND MECHANICAL MIXING
(EXTRACTION) OF IMMISCIBLE LIQUIDS*Bakhodirzhon Alimatov**Doctor of Technical Sciences, Professor,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
Russia, Belgorod**Khamidullo Sadullaev**Senior lecturer of the department "Technological machines and equipment"
of the Fergana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Fergana**Avazbek Khoshimov**Assistant of the department "Technological machines and equipment"
of the Fergana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Fergana*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены вопросы связанные с перемешиванием несмешивающихся жидкостей различными способами и сравнение затрат энергии при пневматическом и механическом перемешивании.

Доказано, что расход энергии при пневматическом перемешивании примерно в 3 раза меньше чем при механическом перемешивании.

ABSTRACT

The article discusses issues related to mixing immiscible liquids in various ways and comparing energy costs for pneumatic and mechanical mixing.

It has been proven that the energy consumption for pneumatic mixing is about 3 times less than for mechanical mixing.

Ключевые слова: Пневмоперемешивания, энергия, сжатый газ, жидкость, пузырь, аппарат, давление, барботаж, мощность, компрессор, лопастная мешалка.

Keywords: Pneumatic displacement, energy, compressed gas, liquid, bubble, apparatus, pressure, bubbling, power, compressor, paddle mixer.

Одним из способов интенсификации процессов массообмена в жидкостных гетерогенных средах является использование метода пневмоперемешивания жидкостей. Основанные на данном принципе работы аппараты именуются барботажными и достаточно широко распространены в промышленной практике таких отраслей как пищевая, химическая, нефтехимическая и др.

Для оценки эффективности смесительно-отстойных экстракторов с механическим и пневматическим перемешиванием Матерсом и Уинтером были проведены соответствующие исследования [1].

На основании их экспериментов было установлено, что энергия, потребляемая в одной ступени 3 – ступенчатого эрлифтного смесителя отстойника для экстракции облучённого урана ТБФ составляет 0,07 Вт, а в одной ступени экстрактора с турбинной мешалкой – 1,1 Вт.

Однако при этом к.п.д. ступени эрлифтного смесителя – отстойника составила 93%, а экстрактора с механическим перемешиванием – 95%. т.о., на основании экспериментов Матерса и Уинтера можно считать, что затраты на проведение процесса экстракции при пневматическом перемешивании в 15 раз меньше чем при механическом. Рассмотрим данный вопрос подробнее, поскольку затраты энергии на перемешивание жидкостей во многих случаях являются определяющим при выборе конкретного аппарата для процесса жидкостной экстракции.

Работа при пневмоперемешивании несмешивающихся жидкостей производится за счет энергии сжатого газа и может быть рассчитана, если принять, что количество энергии, передаваемой от перемешивающего газа жидкости, равно в первом приближении изотермической работе сжатия воздуха до давления на дне аппарата.

При подъеме газа вверх на высоту dH затрачивается работа

$$dA = F \cdot dH, \quad (1)$$

Сила гидравлического сопротивления среды F может быть принята равной подъемной силе, выталкивающей пузырьки газа вверх:

$$F = \pi \cdot \gamma \cdot d_3^2 \cdot (\rho_{ж} - \rho_{г}) / 6, \quad (2)$$

где: π - число газовых пузырьков; d_3 - средний диаметр пузырьков, м;

$\rho_{ж}$, $\rho_{г}$ - плотности жидкости и газа, кг/м^3 .

Учитывая, что $\rho_{ж} \gg \rho_{г}$, можно записать:

$$F = Q \cdot \rho_{ж}, \quad (3)$$

где Q - объем всех пузырьков газа в аппарате, м^3 .

Объем газа в аппарате испытывает дополнительное гидростатическое давление столба жидкости, поэтому:

$$Q = (P_a \cdot Q_a) / (P_a + H \cdot \rho_{ж}), \quad (4)$$

где H - глубина погружения ввода газа в аппарат, м; P_a - атмосферное давление над уровнем жидкости в аппарате, кг/м^2 ; Q_a - расход газа при атмосферном давлении, $\text{м}^3/\text{с}$.

После математических преобразований, получаем:

$$dA = (P_a \cdot Q_a \cdot r_{ж}) / (P_a + H \cdot \rho_{ж}) \cdot dH, \quad (5)$$

Интегрирование этого выражения позволяет получить уравнение для определения полной работы газа, выпущенного в аппарате на глубине H :

$$A = P_a \cdot Q_a \cdot \ln[(P_a + H \cdot \rho_{ж}) / P_a], \quad (6)$$

Данное уравнение можно использовать для определения работы, затрачиваемой в единицу времени при прохождении газа через жидкость.

Газ, применяемый при перемешивании, следует подавать в аппарат под давлением, достаточным для преодоления сопротивления трения и гидростатического сопротивления столба жидкости. Для этого давления можно использовать уравнение [1]:

$$P = [w_r \cdot \rho_r (1 + \sum \xi) / 2g] + H \cdot \rho_{ж}, \quad (7)$$

где w_r - скорость газа, м/с ; - сумма коэффициентов сопротивления.

Однако следует учитывать, что не вся работа, расходуемая на преодоление сопротивления среды, полезно используется на перемешивание жидкости; часть энергии газового потока теряется из-за скорости «скольжения», т.е. скорости движения пузырьков газа относительно жидкости.

Таким образом, работа перемешивания равна:

$$A_{пер} = A - A_{ск}, \quad (8)$$

где A - полная работа, определяемая по уравнению (6); $A_{ск}$ - потеря энергии на скольжение.

Обычно $A_{ск}$ составляет не более 15-20% величины полной работы [2].

Как правило, при использовании барботажных экстракторов на практике система пневмоперемешивания организуется в замкнутом цикле: газодувка (компрессор) - ресивер - экстрактор - газодувка. В таком случае за полную энергию пневмоперемешивания можно принять энергию, потребляемую двигателем компрессора.

Мощность N (в кВт), потребляемая двигателем одноступенчатого компрессора, сжимающего G кг газа в 1 ч от начального давления p_1 до конечного давления p_2 можно рассчитать по формуле [1]:

$$N = (G \cdot L_{ad}) / 3600 \cdot 1000 \cdot \eta = G \cdot (i_2 - i_1) / 3600 \cdot 1000 \cdot \eta$$

$$L_{ad} = [k / (k-1)] \cdot \rho \cdot p_1 \left[\left(p_2 / p_1 \right)^{(k-1)/k} - 1 \right] = \frac{1.4}{1.4-1} \cdot 9.81 \cdot 10^4 \left(2^{\frac{1.4-1}{1.4}} - 1 \right) = 75460$$

$$N = \frac{141.3 \cdot 75460}{3600 \cdot 1000 \cdot 0.7} \quad (9)$$

$$L_{ad} = [k / (k-1)] \cdot p_1 \left[\left(p_2 / p_1 \right)^{(k-1)/k} - 1 \right] = [k / (k-1)] \cdot R \cdot T_1 \left[\left(p_2 / p_1 \right)^{(k-1)/k} - 1 \right] \quad (10)$$

где L - теоретическая величина работы, затрачиваемой при адиабатическом сжатии 1 кг газа, Дж/кг;
 $\eta = 0,7$ общий к.п.д. компрессорной установки;

i_1 и i_2 - начальная и конечная энтальпии (теплосодержание) газа, Дж/кг.

Величину работы L_{ad} можно определить по формуле:

где k - показатель адиабаты, равный отношению c_p/c_v ; p_1 и p_2 - начальное и конечное давление газа, Па; v_1 - удельный объем газа при начальных условиях, т.е. при давлении p_1 и температуре T_1 м³/кг; R - газовая постоянная, равная 8310/М; M - молярная масса газа.

1 - барботажный экстрактор; 2, 5 - ёмкости (монтежю) для лёгкой и тяжёлой жидкостей; 3, 6, 10 - регулировочные вентили; 4, 7 - расходомеры для лёгкой и тяжёлой жидкостей; 8 - компрессор; (или газодувка); 9 - ресивер; 11 - расходомер инертного газа.

Рисунок 1. Схема экстракционной установки с барботажным экстрактором

В качестве примера возьмём барботажный экстрактор диаметром 1 м и высотой 10 м, а также аналогичных размеров экстрактор с механическим перемешиванием при помощи многоярусной лопастной мешалки.

Для барботажного экстрактора имеем :

$$L_{ad} = [k / (k-1)] \cdot p_1 \left[\left(p_2 / p_1 \right)^{(k-1)/k} - 1 \right] = \frac{1.4}{1.4-1} \cdot 9.81 \cdot 10^4 \left(2^{\frac{1.4-1}{1.4}} - 1 \right) = 75460 \text{ Дж/м}^3$$

$$N = \frac{141.3 \cdot 75460}{3600 \cdot 1000 \cdot 0.7}$$

$H_6 = 10$ м; $D_6 = 1$ м; $w_r = 0,05$ м/с;
 $Gr = F \cdot w_r = 0,785 \cdot 1^2 \cdot 0,05 = 0,039$ м³/с =
 141,3 м³/час;
 $K = 1,4$ - для воздуха (показатель адиабаты);
 $p_1 = 9,8 \cdot 10^4$ Па ; $p_2 = 19,6 \cdot 10^4$ Па.
 При этих условиях:

Для экстрактора с лопастными мешалками (типа колонны Шейбеля):

$D_{ш} = 1$ м; $H = 10$ м; $Z_M = 20$ - количество мешалок по высоте колонны [2]; $D_{ш}/3 = 0,3$ м; $w_M = 3$ м/с - окружная скорость мешалки, откуда $n = 3,2$ об/с.

Мощность, потребляемую одной мешалкой, можно вычислить по формулам [1]: $N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^5$; $K_N = c / Re_{ш}^m$; $Re_{ш} = \rho \cdot n \cdot d^2 / \eta$; для лопастных мешалок: $c = 8,52$; $m = 0,2$.

По подстановке численных значений получаем:

$$Re_{ш} = 1000 \cdot 3,2 \cdot 0,3^2 / 1 \cdot 10^{-3} = 288000;$$

$$K_N = 8,52 / 288000^{0,2} = 0,69$$

$$N = 0,69 \cdot 1000 \cdot 3,2^3 \cdot 0,3^5 = 565,3 \text{ Вт};$$

или на 20 мешалок по высоте колонны $N_{общ} = 20 \cdot 565,3 = 11,3$ кВт. Мощность электродвигателя может быть рассчитана по формуле [3]:

$$N_3 = (K \cdot N_{общ} + N_c) / \eta;$$

где $K = 1,0-2,0$ - коэффициент увеличения мощности в пусковой момент; $\eta = 0,85-0,9$ - к.п.д. привода.

Даже без учета увеличения мощности в пусковой момент и потерь в сальнике мощность на перемешивание лопастными мешалками составит: $N_3 = (1 \cdot 11,3) / 0,9 = 12,55$ кВт, что примерно в 3 раза больше мощности при пневмоперемешивании. Кроме этого, как установлено многочисленными исследованиями [4,5,6 и др.], при перемешивании механическими мешалками диссипация энергии вблизи мешалок примерно на порядок больше, чем на расстоянии от них (т.е. турбулентность уменьшается с отдалением от мешалки), в то время как при пневмоперемешивании диссипация энергии равномерна во всем объеме аппарата.

Список литературы:

1. Галкин Н.П., Тихомиров В.Б. Основные процессы и аппараты технологии урана. М.: Госатомиздат, 1961. 220 с.
2. Берестовой А.М., Белоглазов И.Н. Жидкостные экстракторы. Л.: Химия, 1982. 208 с.
3. Брагинский Л.Н., Бегачёв В.И., Барабаш В.М. Перемешивание в жидких средах. Л.: Химия, 1984. 336 с.
4. Соколов В.Н., Доманский И.В. Газожидкостные реакторы. Л.: Машиностроение, 1976. 216 с.
5. Алиматов Б.А., Садуллаев Х.М., Многоступенчатый барботажный экстрактор. А.С.(СССР) №912197, Би № 10.1982
6. Алиматов Б.А., Тожиев Р.Ж., Садуллаев Х.М. Барботажный экстрактор без взаимного уноса жидкостей в смежные ступени. Научный технический журнал ФерПИ, №2, 2001.

ВОДОРОД - ОСНОВНОЙ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЬ XXI ВЕКА, ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ**Алиханов Борий Ботирович**

*академик международной академии экологии и безопасности жизнедеятельности,
(РФ, Санкт-Петербург),
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: alihanov@senat.uz*

Кадыров Абдусамик Абдувасикович

*д-р техн. наук, профессор,
Национального Университета РУз,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: abdusamig@rambler.ru*

HYDROGEN IS THE MAIN ENERGY CARRIER OF THE XXI CENTURY, OBTAIN AND USE**Boriy Alihanov**

*Academician of the International Academy of Ecology and Life Safety
(Russia, St. Petersburg)
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

Abdusamik Kadirov

*Prof. Doctor of technical sciences, National university of Uzbekistan,
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

В статье указывается на необходимость развития в республике технологий, связанных с получением и применением водорода в качестве энергоносителя и сырья при получении различных материалов. Нанотехнологии связаны и охватывают элементы криогенной технологии, развитие которых даёт возможность промышленности Республики Узбекистан развивать новые отрасли экономики, связанные с производством материалов на основе инновационных технологий.

ABSTRACT

The review article points out the need to develop technologies in the republic related to the production and use of hydrogen as an energy carrier and component in the production of various nanomaterials. Nanotechnologies are connected and cover the elements of cryogenic technology, the development of which makes it possible for the industry of the Republic of Uzbekistan to develop new sectors of the economy associated with the production of materials based on innovative technologies.

Ключевые слова: водород, энергоноситель, нанотехнологии, криогенные технологии, электролиз, нетрадиционный источник энергии.

Keywords: hydrogen, energy carrier, nanotechnology, cryogenic technologies, electrolysis, unconventional energy source.

В связи с истощением запасов углеводородного сырья во всем мире идет поиск альтернативных источников энергии и энергоносителей, т.е. актуальным является перевод двигателей внутреннего сгорания на водородное топливо.

При сгорании 1 тн водорода выделяется столько же тепла, сколько при сгорании 3,5 тн органического топлива. Водород, в отличие от углеводородного топлива, способен к каталитическому окислению при низких температурах с прямым преобразованием химической энергии окисления в электрическую [1-3]. Устройства, позволяющие реализовывать эту уникальную особенность, так называемые топливные

элементы или электрохимические генераторы энергии, характеризуются высоким к.п.д. 70-80%, т.е. в 2-2.5 раза превышающими к.п.д. тепловых двигателей.

Существуют два основных промышленных методов его получения:

1. Электролиз воды. Одно из препятствий для широкомасштабного использования – это большое потребление электрического тока.

Следует отметить, что в общем объеме производства водорода удельный вес электрохимических методов до сих пор не превышает 2-4%. [4, 6]

Перед учеными и специалистами стоят следующие задачи:

- поиск и исследование новых перспективных материалов и процессов в области водородной энергетики;

- исследования по эффективному применению экологически чистых технологий, направленных на получение водорода электролитическим способом, с применением возобновляемых источников энергии;

- организация и внедрение разработок по водородной технологий.

В Узбекистане выдвигаются следующие приоритетные направления работ:

а) разработка технологии по производству водорода электролизом воды с применением для этого энергии солнца, с последующим созданием топливных элементов для внутреннего и внешнего рынка;

б) разработка комплексов по производству, очистке, аккумулированию, хранению и транспортировке водорода;

в) создание высокоэффективных энергетических установок и электрохимических генераторов широкого класса на основе топливных элементов, в том числе для использования в бытовых электронных устройствах;

г) разработка элементов инфраструктуры водородной энергетики;

д) внедрение технологически безопасных и экологически чистых методов хранения и транспортировки водорода.

В республике ведутся работы по созданию опытно-промышленной установки по получению водорода экологически чистым путем. В ней для разложения молекулы воды применяется электрическая энергия, выработанная с помощью фотопреобразователей [5, 7, 8].

Нами разработан способ получения водорода за счет химических реакций оксидов трехвалентных металлов с гидроксидом натрия. В качестве оксида трехвалентного металла нами был использован вторичный продукт «Вторцветмета»: отход процесса третичной

переработки алюминиевых шлаков, получаемых в металлургическом процессе плавки алюминиевых чушек. Этот отход представляет собой тонкодисперсный порошок светло-серого цвета.

Нами проведены исследования физико-химических свойств и элементного состава отхода третичной переработки алюминиевых шлаков (ТПАШ). Проведенный анализ выявил, что в нем содержатся следующие компоненты:

Оксид алюминия	свыше 85%
Оксид железа	около 6,5%
Оксид кремния	около 3,5%
Механические примеси	около 5%

Как видно из проведенных исследований состава, отхода третичной переработки алюминиевых шлаков в нем превалирует оксид амфотерного металла – алюминия.

Процесс получения водорода осуществляется в несколько стадий. Первоначально готовится водный раствор гидроокиси натрия в определенной концентрации. Затем к порошку отхода третичной переработки алюминиевых шлаков (содержащего более 85% окиси алюминия) медленно приливается раствор щелочи. Идет бурная экзотермическая реакция с выделением водорода, которая собирается в отдельный сосуд. При этом идет следующая химическая реакция:

Проведение этой реакции в присутствии предельных и непредельных жирных кислот способствует образованию гранулированных анионных ПАВ. В результате этой реакции мы одновременно с получением водорода синтезируем сухое анионное ПАВ.

Таким образом получение водорода электролизом воды и за счет химических реакций дает возможность получения экологически чистого энергоносителя, которую можно применить в современных энергосберегающих технологиях в различных отраслях промышленности.

Список литературы:

1. Аллаев К.Р. Энергетика мира и Узбекистана. Ж. «Проблемы энерго и ресурсосбережения», 2003г., №1-2. 7-22 с.
2. Chameides W.L. //Nature, 1983, v.301, p. 153.
3. Галеев А.Г., Проблемы обеспечения безопасности стендовых испытаний двигательных и энергетических установок на водородном топливе. Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». АЭЭ №11(43), 2006, 23-27с.
4. Fabian P., Bovchers R., Wkiler K.H. с.а. S/Geophys. Res/ 1974/ 1979 v. 84, p. 3149-3154.
5. Колтун М.М. Солнечные элементы. - М.: Наука, 1987.
6. Раменский А.Ю., Нефедкин С.И. Применение водорода в качестве моторного топлива для автомобильных двигателей внутреннего сгорания. История, настоящее и перспективы. Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», АЭЭ №11(43), 2006, 63-70с.
7. Rybach L. Status and prospects of geothermal heat pumps (GHP) in Europe and worldwide, sustainability aspects of GHPs. International course of geothermal heat pumps, 2002.
8. Ченцов М.С., Соколов В.С., Прохоров Н.С., Концепция установки получения водорода риформингом дизельного топлива в составе атмосферо-независимой энергетической установки с электрохимическими генераторами для подводной лодки. Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», АЭЭ №11(43), 2006, 39-46 с.

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ МЕТОДОМ ПИРОЛИЗА**Амиркулов Оманджан Ахмадович**

магистр

*Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши***Тошмаматов Бобир Мансурович**

ст. преподаватель

*Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: bobur160189@mail.ru***Рахматов Обид Ибод угли**

преподаватель

*Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши***Рахматов Анвар Рахмат угли**

студент,

*Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши***WASTE PROCESSING BY THE METHOD OF PYROLYSIS****Omanjan Amirkulov**

Master,

*Karshi Engineering and Economic Institute,
Uzbekistan, Karshi***Bobir Toshmamatov**

Senior lecturer,

*Karshi Engineering and Economic Institute,
Uzbekistan, Karshi***Obid Rakhmatov**

Teacher,

*Karshi Engineering and Economic Institute,
Uzbekistan, Karshi***Anwar Rakhmatov**

Student

*Karshi Engineering Economics Institute,
Karshi Engineering and Economic Institute,
Uzbekistan, Karshi***АННОТАЦИЯ**

В данной статье предложен пиролизная установка для переработки твердых бытовых отходов и органических отходов методом пиролиза. Рассмотрены параметры тепловых и пиролизных процессов, происходящих в данной установке.

ABSTRACT

In this article, a pyrolysis plant for processing solid household waste and organic waste by pyrolysis is proposed. The parameters of thermal and pyrolysis processes occurring in this installation are considered.

Ключевые слова: отходы, метод пиролиза.**Keywords:** waste, pyrolysis method.

Пиролиз или сухая перегонка - это процесс термического разложения горючих органических соединений без доступа кислорода. В процессе пиролиза образуется смесь горючих газов (синтез-газ) и ряда других продуктов, состав которых зависит от природы сырья, температурного режима, давления, скорости нагрева в реакторе и времени пребывания в камере. При нагревании сырья в отсутствие кислорода сложные органические соединения расщепляются на более простые, вплоть до образования твердого углеродного остатка [1-3].

В процессе пиролиза преобразование сырья и органических отходов проходит в несколько стадий:

1. высушивание;
2. сухая перегонка;
3. неполное сгорание;
4. газификация;

Особый интерес представляет технология утилизации твердых и органических отходов методом пиролиза. Это одно из наиболее эффективных решений по переработке отходов, так как позволяет получать тепловую энергию, максимально извлекать из отходов ценные компоненты и снижать антропогенную нагрузку на окружающую среду. При сжигании 1 тонны шин в атмосферу выбрасывается около 450 кг токсичных летучих соединений и около 300

кг сажи. Обработка отработанных резинотехнических изделий методом низкотемпературного пиролиза значительно снижает выбросы в атмосферу, продукты разложения резины используются в качестве энергоносителей и сырья для некоторых видов производств [4].

В современной практике методом пиролиза перерабатывают следующие виды мусора:

- отходы деревообрабатывающей промышленности;
- медицинские отходы;
- канализационный шлам;
- отходы полимеров;
- отработанные автопокрышки и прочие резинотехнические изделия;
- горючие детали автомобилей, подлежащих утилизации (пластик, текстиль, резина);
- отходы электроники;
- коммунальный и бытовой мусор.
- органических отходов и др.

Пиролиз органических отходов означает, что тяжелые органические вещества разлагаются под действием высоких температур в условиях вакуума, а на выходе получают более легкие (рис.1). В результате такого воздействия из отходов получают вещества с более низкой молекулярной массой.

1- пиролизной установки, 2-конденсатор, 3-бак.

Рисунок 1. Принцип работы пиролизной установки

Основные продукты, которые дает пиролиз ТБО:

- Легковоспламеняющиеся и негорючие газовые смеси или пиролены;
- Масло, используемое в качестве топлива или сырья для обработки, а также вода;
- Уголь или пикарбон.

При пиролизе сырье проходит четыре процесса, а именно:

- Сушка в специально разработанной камере;
- Прямой пиролиз или сухая перегонка отходов;
- Сжигание твердых остатков;
- Получение конечного продукта: газа, нефти или угля.

Пиролиз ТБО и выход продуктов зависят от используемого температурного режима. Его можно отрегулировать. Для уменьшения количества добываемого газа устанавливаются низкие температуры. В результате больше нефти и угля. И наоборот, высокотемпературный пиролиз твердых отходов дает больше газа [5,6].

В отличие от традиционной утилизации, в том числе путем сжигания, пиролиз имеет следующие преимущества:

- Не загрязняет окружающую среду.
- Отходы используются для получения полезных веществ.
- В отходах после процесса отсутствуют агрессивные и опасные вещества, их объем значительно

меньше, чем при обычном сжигании, их можно закопать в землю.

- Предотвращает восстановление тяжелых металлов, они превращаются в золу.
- Полученные таким образом конечные продукты просты в обращении: хранение, транспортировка.
- Наладить технологический процесс несложно, оборудование не требует много места, доступные цены.

Утилизация отходов пиролизом при наличии компактных установок может быть использована гражданами в частных домах, сельскохозяйственных объектах и теплицах. Это позволяет получить дешевую энергию, сэкономить на коммунальных услугах: вывоз мусора, отопление. В промышленных объемах страна может получать дешевые энергии, альтернативные топливо и необходимые химикаты.

Список литературы:

1. Muradov I., Toshmamatov B.M. Kurbanova N.M., Baratova S.R., Temirova L. Development of A Scheme For The Thermal Processing of Solid Household. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 6, Issue 9, September 2019, India, PP. 10784 10787.
2. Тошмаматов Б.М., Узиков Г.Н., Баратова С.Р. «Утилизация твердых бытовых отходов с использованием солнечной энергии». Международный научный журнал «Научные горизонты». Россия 2019, №2, с. 255-260.
3. B.M. Toshmamatov, G.N. Uzakov, S.M. Shomuratova, L.Z. Temirova, "Calculation of energy efficiency of the solar installation for the processing of municipal solid waste", International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 6, Issue 12, pp 12097-12102, December 2019, India.
4. G.N. Uzakov, Kh.A. Davlonov, K.N. Holikov, Study of the Influence of the Source Biomass Moisture Content on Pyrolysis Parameters// Applied Solar Energy, Vol. 54, No. 6, pp, 481-484. 2018, (05.00.00; №4. Scopus CiteScore 2018, IF:0.9).
5. Toshmamatov B., Davlonov Kh., Rakhmatov O., Toshboev A. Recycling of municipal solid waste using solar energy. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 1030 (2021) 012165. doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012165.
6. Uzakov G.N., Toshmamatov B.M., Mamedova D.N., Temirova L., K Shakhboz. Experimental solar installation for the processing of municipal solid waste. EPRA International Journal of Research and Development (IJRD) Volume: 5 | Issue: 3 | March 2020 - Peer Reviewed Journal. SJIF Impact Factor: 6.260| ISI I.F.Value:1.241| Journal DOI: 10.36713/epra2016 ISSN: 2455-7838(Online). India. PP. 299-303

ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ЗАПАДНЫХ МЭС

Утешкальева Ляззат Шинболатовна

канд. техн. наук, доцент,
Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева,
Республика Казахстан, г. Алматы
E-mail: Luteshkalieva@aes.kz

Даулетказыулы Бекдаулет

магистрант,
Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева,
Республика Казахстан, г. Алматы
E-mail: bekdaulet_97@mail.ru

STUDIES OF STATIC STABILITY OF ELECTRICAL NETWORKS WESTERN MEAS

Lyazzat Uteshkalieva

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Almaty University energy and communications named after G. Daukeev,
Kazakhstan, Almaty

Beldaulet Dauletkazyuly

Master's degree student,
Almaty University energy and communications named after G. Daukeev,
Kazakhstan, Almaty

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены вопросы статической устойчивости и условия надежности функционирования Западных МЭС, произведены расчеты в нормальных и послеаварийных режимах для определения пропускной способности электрических сетей 35-110-220 кВ в дни контрольных замеров.

ABSTRACT

The article deals with the issues of static stability and the conditions for the reliability of the operation of Western MES, calculations are made in normal and post-accident modes to determine the capacity of electric networks of 35-110-220 kV on the days of control measurements.

Ключевые слова: статическая устойчивость, электросеть, факторы, режимы.

Keywords: static stability, power grid, factors, modes.

Развитие энергетики характеризуется созданием мощных территориально объединенных энергосистем, в которых обеспечение статической устойчивости энергосистем является одной из важнейших задач при их проектировании и эксплуатации. Нарушение устойчивости параллельной работы генераторов может привести к нарушению электро-снабжения большого числа потребителей электроэнергии и даже к полному развалу энергосистемы.

Анализ режимов и устойчивости энергосистем является неотъемлемой частью работы, выполняемой в Центральном диспетчерском управлении (ЦДУ) ЕЭС Казахстана, территориальных Объединенных диспетчерских управлениях (ОДУ) и районных энергоуправлениях по планированию режимов и совершенствованию управления ими.

Задачи обеспечения устойчивости ЭЭС являются традиционными, в которых как правило, задаются схема энергосистемы и ее нагрузки. Требуется выбрать допустимые по условиям устойчивости режимы работы, и, в случае необходимости, состав оборудования и уставки противоаварийной автоматики.

Важной особенностью решения задач статической устойчивости является расчет электрической системы, с целью проверки работоспособности сети и уточнения параметров элементов сети, разработки рекомендаций по режиму работы сети, а также, в случае необходимости, определения мероприятий, позволяющих обеспечить допустимые уровни напряжения и загрузки электрических сетей в нормальных и ремонтных режимах перспективной схемы.

Таблица 1.

Пределы передачи мощности по ВЛ 220кВ «Атырау-220 – НПС-4» (с отпайками на НПС-3), МВт

Название	Р _{пред}	Р _{нерег}	Р ^{20%} _{доп}	Р ^{8%} _{доп}
В работе 2 ВЛ 220кВ «Атырау-220 – НПС-4»	101,8	10	76,5	85
В работе 1 ВЛ 220кВ «Атырау-220 – НПС-4»	84,4	10	62	68,9

Таблица 2.

Пределы передачи мощности по ВЛ 110кВ «Тенгиз-220 – НПС-Тенгиз», МВт

Название	Р _{пред}	Р _{нерег}	Р ^{20%} _{доп}	Р ^{8%} _{доп}
В работе 2 ВЛ 110кВ «Тенгиз-220 – НПС-Тенгиз»	83,6	8	63	70
В работе 1 ВЛ 110кВ «Тенгиз-220 – НПС-Тенгиз»	81,4	8	61,2	68

Определение максимально допустимых перетоков (МДП) мощности по контролируемым сечениям выполнено на основании результатов расчета режимов в нормальных и послеаварийных схемах.

Расчеты пропускной способности электрических сетей 110-220 кВ показали следующее:

- Нормальные уровни напряжения в сети при допустимых по устойчивости перетоках активной мощности и токовых нагрузках на ВЛ и оборудование в нормальной и ремонтных схемах.
- Предельный по статической устойчивости переток по ВЛ-220 кВ «Атырау – НПС-4» (с отпайками на НПС-3) при работе одной цепи составляет 84,4 МВт, а переток с 8% и 20% запасом по статической устойчивости по оставшейся цепи составляет

68,9 МВт и 62 МВт, соответственно, что обеспечивает существующее потребление данного энергоузла. МДП линии находится в пределах пропускной способности линии 255 МВт (для провода АС-300).

- Предельный по статической устойчивости переток по ВЛ-110 кВ «Тенгиз – НПС-Тенгиз» при работе одной цепи составляет 81,4 МВт, что является перегрузкой для данной линии при пропускной способности линии равной 80,9 (для провода АС-150). Однако в режимах с 8% и 20% запасом по статической устойчивости перегруза ВЛ нет. Переток с 8% и 20% запасом по статической устойчивости составляет 68 МВт и 61,2 МВт, соответственно, что обеспечивает существующее потребление данного энергоузла.

Список литературы.

1. Калентионюк Е.В. Устойчивость электроэнергетических систем : учебное пособие. – Минск : Техноперспектива, 2008. – 375 с.
2. Мелешкин Г.А. Устойчивость энергосистем: Монография. Книга 1. / Г.А. Мелешкин, Г.В. Меркурьев. - СПб.: НОУ "Центр подготовки кадров энергетики", 2006.
3. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем. Под ред. Жукова Л.А. – М., Энергия, 1979 – 456 с., ил.

МАЛОГАБАРИТНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРОДОЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Адилет Ержан Бейбитулы

магистрант

НАО «Алматинский университет энергетики и связи

имени Гумарбека Даукеева»,

Республика Казахстан, г. Алматы

E-mail: erzhan-adilet@mail.ru

Утешкалиева Ляззат Шынбулатовна

ст. преподаватель кафедры электроэнергетических систем

НАО «Алматинский университет энергетики и связи

имени Гумарбека Даукеева»,

Республика Казахстан, г. Алматы

SMALL-SIZED DEVICES OF LONGITUDINAL COMPENSATION FOR CONTROL OF ELECTRIC CIRCUIT MODES

Yerzhan Adilet

Master's student

of NAO "Almaty University of power engineering and telecommunications

name of Gumarbek Daukeev"

Kazakhstan, Almaty

Lyazzat Uteshkalieva

Senior Lecturer

of the Department of Electric Power Systems

NAO "Almaty University of power engineering and telecommunications

name of Gumarbek Daukeev"

Kazakhstan, Almaty

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены перспективы применения УПК на базе преобразователей напряжения на основе анализа режимов района электрической сети 110 кВ. Для этого приведены результаты расчета исследования возможностей применения устройства продольной компенсации реактивной мощности на примере ЛЭП 110 кВ в электрической сети Казахстана.

Анализ режимов произвели как традиционными средствами, так и внедрением малогабаритных устройств продольной компенсации с целью сравнения эффективности их применения.

ABSTRACT

The article discusses the prospects for the use of CCP based on voltage converters based on the analysis of the modes of the area of the 110 kV electric network. For this purpose, the results of the calculation of the study of the possibilities of using a device for longitudinal compensation of reactive power on the example of a 110 kV transmission line in the electric network of Kazakhstan are presented.

The analysis of the modes was carried out both by traditional means and by the introduction of small-sized devices of longitudinal compensation in order to compare the effectiveness of their use.

Ключевые слова: реактивная мощность, линия электропередачи, устройство продольной компенсации, падение напряжения

Keywords: reactive power, power transmission line, longitudinal compensation device, voltage drop

Продолжающийся рост нагрузки требует увеличения пропускной способности существующих линий электропередачи и управления их режимами в целях оптимального распределения потоков мощности между ними. Возможны режимы, когда требуется

принудительное распределение мощности между отдельными линиями. Поэтому в последние годы интенсивно обсуждаются возможные пути решения этой задачи.

В последние годы для управления режимами электрических сетей широко применяются различные устройства на основе полупроводниковых преобразователей напряжения.

Одной из последних разработок ОАО «ЭНИН» совместно с АО «НТЦ ФСК ЕЭС» является технология малогабаритных устройств продольной компенсации (МУПК) для воздушных линий электропередачи, которая в настоящее время получила активное развитие в США и России [1].

Устройство продольной компенсации реактивной мощности (УПК) позволяет увеличить пропускную способность линий электропередачи, снизить потери и нормализовать напряжение сети, обеспечивая качество электроэнергии для конечного потребителя в соответствии с нормативными документами и повышения энергоэффективности [3].

Учитывая стремление распределительных компаний снизить потери мощности в электрических сетях с одной стороны и существенное увеличение стоимости строительства новых высоковольтных линий электропередачи [2] с другой, внедрение устройств FACTS может оказаться достаточно эффективным решением.

В статье рассмотрены перспективы применения УПК на базе преобразователей напряжения на основе анализа режимов района электрической сети

110 кВ. Для этого предварительно рассмотрены эти устройства и их функциональные возможности, произведен выбор наиболее эффективного средства с целью последующего внедрения в существующий район электрической сети. Затем произведен анализ режимов района электрической сети и определена необходимость их нормализации. Нормализацию режимов произвели как традиционными средствами, так и внедрением малогабаритных устройств продольной компенсации с целью сравнения эффективности их применения.

Анализ режимов района электрической сети произведена с помощью программного комплекса (ПК) RastrWin3. В том случае, если режимные параметры будут выходить из допустимых пределов, сначала рассмотрим возможность применения традиционных средств нормализации режимов, а затем – применение малогабаритных устройств продольной компенсации на основе преобразователя напряжения.

В качестве экспериментальной электроэнергетической системы принята линия 110 кВ (220кВ) между ТЭЦ-3 и подстанцией Сарыюзек, расположенная в Алматинской области. На рисунке 1 показана карта-схема рассматриваемого участка сети.

Все потребители относятся ко 2-й категории надежности электроснабжения. Карта-схема электрической сети представлена на рисунке 1.

Рисунок 1. Карта-схема электрической сети

Мощность источника питания и потребителей электрической энергии представлена в таблице 1. В качестве источника электроэнергии взяты ТЭЦ-3, расположенная в селе Отеген-Батыр мощностью 173 МВт и Капшагайская ГЭС мощностью 364 МВт.

Для понимания загруженности линии будем рассматривать режим максимальной нагрузки. Нагрузки потребителей в этом режиме представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Режим максимальной нагрузки

Параметры	Название	P_i , МВт	Q_i , МВт
1 подстанция	Дмитриевка	20	6
2 подстанция	Николаевка	17,5	5,25
3 подстанция	Заречная	25	7,5
4 подстанция	Капшагай	65	19,5
5 подстанция	Промзона	9,7	2,91
6 подстанция	СЗО	8	2,4

Параметры	Название	P _i , МВт	Q _i , МВт
7 подстанция	Шенгельді	20	6
8 подстанция	Сарыбұлақ	18	5,4
9 подстанция	Кербұлақ	8,5	2,55
10 подстанция	Сәмен	2	0,6
11 подстанция	Жоламан	7	2,1
12 подстанция	Сарыөзек	63	18,9

В качестве уравнительного и питающего узла взяты ТЭЦ-3 и Капшпгайская ГЭС. Уровень

напряжения при максимальной нагрузке представлен в таблице 2.

Таблица 2

Напряжение при максимальной нагрузке

Параметры	Название	U _{ном} , кВ	U _{расч} , кВ	ΔU, %
1 подстанция	Дмитриевка	110	118,43	2,2
2 подстанция	Николаевка	110	112	3,6
3 подстанция	Заречная	110	110,38	4,2
4 подстанция	Капшағай	220	229,19	4,2
5 подстанция	Промзона	110	108,74	1,1
6 подстанция	СЗО	110	108,73	1,2
7 подстанция	Шенгельді	110	106,69	3
8 подстанция	Сарыбұлақ	110	106,25	3,4
9 подстанция	Кербұлақ	110	106,65	3
10 подстанция	Сәмен	110	107,8	2
11 подстанция	Жоламан	110	109,07	0,84
12 подстанция	Сарыөзек	220	220,8	0,36

Согласно ГОСТ 32144-2013 отклонение напряжения не должно превышать 10% от номинального значения. Таким образом, напряжение в этом режиме соответствует требованиям.

В таблице 3 приведена токовая загрузка линии в режиме максимальной нагрузки. Эксплуатируемые сети проверяются только по условиям нагрева.

Таблица 3.

Токковая загрузка ЛЭП при максимальной нагрузке

Обозначение	Название	I _{расч} , А	I _{доп} , А	K _{за} , %
0-1	ТЭЦ 3- Дмитриевка	443	450	98,4
1-2	Дмитриевка - Николаевка	328	330	99,4
2-3	Николаевка-Заречная	271	390	69,5
3-4	Заречная-Капшағай	132	390	33,8
4-5	Қапшағай-Промзона	285	390	73
5-6	Промзона-СЗО	140	605	23
5-7	Промзона - Шенгельді	90	390	23,1
6-7	СЗО-Шенгельді	90	390	23,1
7-8	Шенгельді-Сарыбұлақ	73	390	18,7
8-9	Сарыбұлақ- Кербұлақ	70	390	17,9
9-10	Кербұлақ-Сәмен	113	390	29
10-11	Сәмен-Жоламан	124	390	31,8
11-12	Жоламан- Сарыөзек	162	265	61,1
12-13	Сарыөзек-Капшпғай ГЭС	308	710	43,4
13-4	Капшпғай ГЭС-Қапшағай	272	945	28,8

Из таблицы 3 видно, что сети «ТЭЦ 3 - Дмитриевка» и «Дмитриевка - Николаевка» в режиме

максимальной загрузки не имеют запаса по величине тока.

Анализируя данные таблиц, можно увидеть, что ветви расчетной схемы замещения, представляемые конкретной ЛЭП, не перегружаются по длительно-допустимому току на нагрев. Уровни напряжения в расчетных узлах схемы замещения, представляющих конкретные шины электростанций и подстанций 110-220 кВ, также находятся в допустимых пределах. Но линии «ТЭЦ 3 - Дмитриевка» и «Дмитриевка - Николаевка» по величине тока близки к длительно допустимым токам. Самой загруженной стала ВЛ 110 кВ «Дмитриевка-Николаевка», нагрузка которой составила 99,4%. Максимальное отклонение напряжения в узлах нагрузки сети 110 кВ в системе шин ПС 110 кВ "Заречная" равно 4,2%.

Режим максимальной нагрузки сети после установки МУПК.

Режимы максимальной нагрузки сети после установки были рассчитаны в программном комплексе "RastrWin".

На линии «Заречная-Капшагай» и «Капшагай-Капшагайская ГЭС» устанавливаем емкостные сопротивления- $3j$ Ом и $-2,4j$ Ом соответственно и проверяем, какие изменения происходят в режиме системы.

Уровень напряжения при максимальном нагрузочном режиме сети после установки МУПК представлен в таблице 4.

Таблица 4.

Величины напряжений в режиме максимальной нагрузки

Параметры	Название	U _{ном} , кВ	U _{расч} , кВ	ΔU , %
1 подстанция	Дмитриевка	110	112,93	2,67
2 подстанция	Николаевка	110	109,86	0,13
3 подстанция	Заречная	110	108,79	1,1
4 подстанция	Капшагай	220	228,79	4
5 подстанция	Промзона	110	111,82	1,65
6 подстанция	СЗО	110	111,81	1,64
7 подстанция	Шенгельді	110	109,47	0,48
8 подстанция	Сарыбұлақ	110	108,5	1,36
9 подстанция	Кербұлақ	110	108,77	1,12
10 подстанция	Сәмен	110	109,67	0,3
11 подстанция	Жоламан	110	110,7	0,64
12 подстанция	Сарыөзек	220	220,74	0,34

Нормативное отклонение напряжения не должно превышать 10% от номинального значения. Таким образом, напряжение в этом режиме соответствует требованиям.

В таблице 5 приведена токовая нагрузка линии в режиме максимальной нагрузки после установки МУПК. Эксплуатируемые сети проверяются только по условиям нагрева.

Таблица 5.

Токовая нагрузка ЛЭП при максимальном режиме после установки МУПК

Обозначение	Название	I _{расч} , А	I _{доп} , А	K _{за} , %
0-1	ТЭЦ 3- Дмитриевка	435	450	96,6
1-2	Дмитриевка -Николаевка	319	330	96
2-3	Николаевка-Заречная	252	390	64,6
3-4	Заречная-Капшагай	136	390	34,9
4-5	Капшагай-Промзона	285	390	73,1
5-6	Промзона-СЗО	140	605	23,1
5-7	Промзона - Шенгельді	94	390	24,1
6-7	СЗО-Шенгельді	94	390	24,1
7-8	Шенгельді-Сарыбұлақ	74	390	19
8-9	Сарыбұлақ- Кербұлақ	47	390	12,1
9-10	Кербұлақ-Сәмен	92	390	23,6
10-11	Сәмен-Жоламан	103	390	26,4
11-12	Жоламан- Сарыөзек	141	265	53,2
12-13	Сарыөзек-Капшагай ГЭС	295	710	41,5
13-4	Капшагай ГЭС-Капшагай	306	945	32,4

Анализируя данные, полученные от максимального режима системы после установки МУПК,

можно увидеть, что ветви расчетной схемы замещения, представляемые конкретной ЛЭП, не

перегружаются по длительному допустимому току нагрева. На шинах электростанций и подстанций 110-220 кВ уровень напряжения соответствует стандарту. В то же время общие потери уменьшились на $0,7+3,7$ j что свидетельствует о влиянии МУПК на систему.

Заключение. В результате анализа режимов работы исходного района электрической сети 110 кВ было выявлено, что режимные параметры выходят за допустимые пределы.

При применении традиционных мероприятий нормализации режимов, таких как усиление линий электропередачи, желаемый результат был достигнут лишь частично.

Альтернативным решением стало применение малогабаритных устройств продольной компенсации на базе преобразователей напряжения

С помощью МУПК нормализация послеаварийного режима была проведена успешно. Усиление существующих линий электропередачи не потребовалось.

Список литературы:

1. Панфилов Д.И., Шакарян Ю.Г., Асташев М.Г., Рашитов П.А., Антонов А.В. Малогабаритные устройства продольной компенсации для воздушных линий электропередачи // Электротехника. – 2017. – №7. – С. 78-82.
2. Кочкин В.И. Применение гибких (управляемых) систем электропередачи переменного тока в энергосистемах / В.И. Кочкин, Ю.Г. Шакарян. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2011. – 311 с.
3. Тохтибакиев К.К., Саухимов А.А., Бектимиров А.Т., Шубекова К.К., Мұрат А.Қ., Мерекенов М.Д. Передовые технологии управления режимами энергосистем. Алматы: ТОО «Издательство LEM», 2017. – 152 с.

DOI - 10.32743/UniTech.2021.86.5.11825

**ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОЛОЧИЛЬНОЙ МАШИНОЙ,
ИМЕЮЩЕЙ ДЛИТЕЛЬНЫЙ СРОК ЭКСПЛУАТАЦИИ****Иванова Вера Павловна**

PhD, доцент,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: veronika.tsipkina@yandex.com

Цыпкина Виктория Вячеславовна

PhD, доцент,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: c-victory@yandex.com

Турабеков Ойбек Улугбекович

ассистент,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: turabekovaybek@gmail.com

Муминов Хумоюн Асрор угли

ассистент,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: mx_mix@mail.ru

Хайитмурадова Сайёра Музаффаровна

ст. преподаватель,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: abduboriy2012@gmail.com

**ISSUES OF DEVELOPING AN IMPROVED AUTOMATIC CONTROL SYSTEM
FOR A DRAWING MACHINE WITH LONG SERVICE LIFE****Vera Ivanova**

Associate Professor, PhD,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Victoria Tsyapkina

Associate Professor, PhD,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Oybek Turabekov

Assistant,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Humoyun Mominov

Assistant,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Sayyora Hayitmuradova

Senior Lecturer,

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Рассматриваемые вопросы повышения эффективности эксплуатации волочильных машин, имеющих длительный срок эксплуатации. Существующая проблема улучшения работы кабельного оборудования, которое неоднократно подвергалось ремонту, который связан с выходом из строя узлов, механизмов, элементной базы является актуальной задачей, которую предлагается решить посредством усовершенствования имеющейся системы автоматического управления. Эта работа строилась на базе обобщенной математической модели технологического процесса волочения и разработанной на ее основе имитационной модели волочильной машины. Ввод данных, которые являются техническими характеристиками комплектующих технологического оборудования, осуществляется по результатам поведенной паспортизации волочильной машины, в ходе которой были определены объем и перечень деталей и узлов замененных в ходе проведения плановых и экстренных ремонтных работ оборудования. Анализ работы электромеханической системы кабельного агрегата позволил смоделировать возможные варианты замены комплектующих и совместимость их работы с электромеханической системой действующей волочильной машины имеющий длительный срок эксплуатации (более 10 лет и выше).

ABSTRACT

The issues under consideration are increasing the operation efficiency of wire-drawing machines with long service life. The existing problem of improving the operation of cable equipment, which has been repeatedly repaired, which is associated with the failure of nodes, mechanisms, element base, is an urgent task that is proposed to be solved through improving the existing automatic control system. This work was built based on a generalized mathematical model of the drawing process and simulation model of the wire-drawing machine, developed on its basis. The input of data, which are the technical characteristics of production equipment components, is carried out according to the results of the drawing machine certification, during which the volume and list of parts and nodes, replaced during scheduled and emergency equipment repairs, were determined. Analysis of the operation of electromechanical system of the cable unit allowed simulating possible variants of components replacement and compatibility of their work with the electromechanical system of the operating drawing machine with long service life (more than 10 years and above).

Ключевые слова: волочильная машина, волочение, электромеханическая система, автоматизированная система управления, система автоматического регулирования, система автоматического управления, волока, фильера, тянущий барабан, проволока.

Keywords: drawing machine, drawing, electromechanical system, automated control system, automatic regulating system, automatic control system, drawing die, die, intermediate block, wire.

Технология изготовления кабельно-проводниковой продукции (КПП) – это сочетание большого количества последовательно совершающих технологических операций, конечной целью которой является выпуск высококачественной готовой продукции. Бесперебойная работа кабельного изделия зависит от хорошо отлаженной технологии, а также от качественных показателей сырья и материалов входящих в его конструкцию.

Выпущенный производством и переданный для реализации готовый кабель или провод должен отвечать всем требованиям эксплуатационных служб.

При этом качество передачи энергии по токопроводящей жиле во многом определяется уровнем технологии волочения и бесперебойной, хорошо отлаженной работой технологического оборудования - волочильной машины (ВМ).

Технологическая операция волочение (рис. 1) на первый взгляд кажется довольно простой, т.к. определяется величиной вытяжки заготовки (3) получаемой за счет разности скоростей вращения тянущих барабанов (1) [1, 2]

Рисунок 1. Схема технологического процесса волочения (расчетная), где 1-тянущий барабан; 2-технологический инструмент (волока); 3- проволока; 4-намоточное устройство (приемный барабан)

Однако волочение – это достаточно сложный вид обработки металла давлением, потому что основной элемент, отвечающий за формирование правильной геометрии и точного выходного диаметра является технологический инструмент (волока или фильера).

Эффективность выполнения процесса волочения зависит от множества технологических факторов, определяемых техническим состоянием волочильной машины, качеством материала заготовки, свойствами технологического инструмента и технологической смазки. К основным технологическим параметрам волочения относится (рис.1): скорость волочения (v), угловая скорость тянущих шайб (ω), противонапряжение (N) и сила волочения (P), а также диаметр тянущей шайбы (D) и входной выходной диаметры проволоки (d). При этом следует отметить, что данные величины берутся в расчет исходя из маршрута волочения по номеру прохода (от 1 до n), где учитывается степень деформации заготовки/проволоки через частную, общую и технологическую вытяжку (μ).

Соблюдение данных величин в установленных (расчетных) пределах определяется общим техническим состоянием технологического оборудования (ВМ) и конструктивным исполнением волок. Наиболее важным технологическим параметром, определяющим эффективность производства КПП является время изготовления производственного заказа, т.е. быстрота выполнения технологических операций, которые на прямую зависят от скоростных параметров задействованного технологического оборудования. В паспорте завода-изготовителя на технологическое оборудование указываются установочные параметры (номинальные), которые изготовитель гарантирует при выполнении технологии. При этом данные параметры можно гарантировать и соответственно контролировать только при условии, если все комплектующие и узлы кабельной машины являются новыми, т.е. не выработавшими свой гарантийный срок. Однако, кабельные агрегаты не работают только 3 года (это срок гарантийного обслуживания), а как правило период их эксплуатации достигает до 25-40 лет. Со временем (по истечению срока гарантийного обслуживания) технической службой предприятия осуществляется замена вышедших из строя комплектующих, узлов и механизмов, как в плановом, так и аварийном режиме.

Замена запасных частей и комплектующих (ЗИПиК) осуществляется из имеющегося на предприятии фонда (объем имеющихся в наличии на складе). При этом их выбор осуществляется не всегда с соблюдением всех технических требований, а лишь с учетом основных. Закупка ЗИПиК, имеющих идентичные технические характеристики с деталями (узлами, механизмами, элементами), подлежащими замене в ремонтируемом оборудовании, не всегда дает хорошие результаты, потому что возникает разница в сроке ввода в эксплуатацию оборудования и временем приобретения комплектующих. Это связано с многими

причинами, где основной является прекращение выпуска кабельной машины (обновление номенклатурного ряда заводом-изготовителем) в связи с переходом на производство новых современных технологических линий и машин.

В связи с этим, актуальность изучения работы волочильного оборудования, имеющего срок эксплуатации 5 и более лет не только не снижается с течением времени, но и приобретает новую силу.

В настоящий момент поддержание требуемых технологических режимов волочения для действующей ВМ осуществляется техническим персоналом и операторами либо в ручном режиме или с панели оператора, согласно нормативной документации, разработанной технологами предприятия для каждого выпускаемого номенклатурного ряда продукции. Однако, действующая в ВМ система автоматического управления (САУ) имеет исходные данные для обеспечения управления, отражающие заводскую комплектацию технологического оборудования. Произведенные в течении периода эксплуатации ремонтные работы, сопровождавшиеся заменой вышедших из строя узлов и механизмов, не отражаются в базе данных САУ, которая продолжает функционировать без корректировки данных в системе автоматического регулирования (САР) техпроцессом. Все это оказывает негативное влияние на технологический процесс, т.к. установка требуемого диапазона по нормативной документации осуществляется по старым данным, сохраненным в САУ. Определение баланса входных и выходных сигналов система осуществляет по сохраненным данным заложённым программной обеспечении.

В этой связи, существует задача, решение которой позволит выполнить технологию с учетом изменений в комплектации ВМ по паспортным данным установленных новых деталей, узлов, механизмов и элементной базы для действующей ВМ. В настоящее время существует большое разнообразие современных измерительных систем и ИТ-технологии, которые позволяют осуществить контроль за соблюдением технологического режима и вывести техпроцесс на совершенно новый уровень.

Таким образом, повышение эффективности технологического процесса волочения, а в конечном счете улучшение качества отволоченной проволоки можно достичь выводом технологического оборудования на более высокий уровень автоматизации системы управления и как следствие заложить основу для автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП). Решение поставленной задачи охватывает заложенные в ВМ технические и программные ресурсы, а значит обеспечивает минимальное вмешательство оператора в работу кабельного агрегата в момент принятия особо важных технических решений.

С этой целью была поставлена исследовательская задача по изучению процесса волочения проволоки на ВМ с учетом работы электромеханической системы (ЭМС) и элементной базы для проведения комплекса работ по усовершенствованию САУ процессом волочения.

Основным недостатком волочения является большая вероятность обрыва отволоченной проволоки (рис. 1), а значит определение требуемого значения противонапряжения (N) позволит обеспечить повысить производительность технологии и уменьшить количество отходов кабельного производства.

Вопросами автоматизации волочильных станов, в настоящий момент, занимаются различные ученые, в том числе Т. Лисовская и Л. Радионова (ЮУрГУ, кафедра "Процессы и машины обработки металлов давлением", Россия), которые разработали цифровую комплексную систему управления ВС для исключения аварийных ситуаций [3, 5]. Специалисты "Элтех Украина" ООО (Украина) занимаются вопросами повышения производительности процесса волочения путем автоматизации процессов посредством преобразователей частоты "Hitachi" – это позволило осуществить контроль параметров волочения и расширить возможности волочильного стана волочения, в том числе и расширение диапазона сечений. Это стало возможным за счет плавного регулирования скорости волочения в диапазоне 1:1000 и более [4, 6] и т.п.

Проведенный анализ технической литературы и научных статей в этом направлении показал отсут-

ствие научных работ посвященных вопросам влияния замены узлов и механизмов, в том числе и элементной базы на качество работы ВМ и как следствие на эксплуатационные показатели отволоченной проволоки.

В идеале САУ ВМ должна при достижении какой-либо величины технологического параметра (критического значения), осуществляет стабилизацию ее до рабочего значения посредством внедрения высокой степени автоматизации и применением высокоточных измерительных датчиков и устройств. Все эти меры позволят создать условия для анализа энергосиловых параметров волочения и осуществить управление ВМ за счет сбора полученной информации и ее долговременном хранении в базе данных. Таким образом будут созданы хорошие условия для проведения исследований влияния технологических параметров процесса волочения на энергосиловые характеристики технологической машины, имеющей срок эксплуатации 20 лет и выше, которая была доукомплектована технической службой кабельного предприятия, после выхода из строя и заменой на новые современные узлы и механизмы, а также элементную базу.

Рисунок 2. Информационная модель технологического процесса волочения [1]

Поставленная задача решалась применением в комплексном исследовании обобщенной математической и компьютерной модели процесса волочения [7, 8, 9, 10]. В базовую модель были введен дополнительные параметры - данные технического обследования прямоточной волочильной машины ВПС-500 (1995г.), которые были собраны и проанализированы, по итогам проведенной паспортизации ВМ. На основании научных исследований разработана информационная модель доукомплектованной ВМ (рис. 2), включающая в себя технические данные по работе ЭМС, элементной базы, состава технологической эмульсии, технологическом инструменте, свойствах заготовки, подлежащей волочению (вся

информация взята с нормативной и сопроводительной документацией - технический паспорт оборудования, сертификат соответствия на изделие) [1]. Модернизированная ВМ включала в себя весь комплекс принципиально новых взаимосвязей, образованных с учетом доукомплектованных узлов и механизмов кабельного агрегата. При этом стало возможным достичь поставленную перед исследованием цель: обеспечение безаварийной работы волочильного оборудования в целом путем контроля выполнения требований к технологии, которые определяются условиями эксплуатации кабельных изделий.

Усовершенствование АСУ ВМ обеспечит гибкое, энергоэффективное волочение проволоки при

одновременном увеличении производительности, снижении капитальных и эксплуатационных затрат и повышении качества выходной продукции.

Рисунок 3. Функциональная схема автоматизированного электропривода прямоточного волочильного стана

Анализ функциональной схемы автоматизированного электропривода прямоточного волочильного стана (рис.3) позволил разработать математическую модель работы ВМ [11], в которой были учтены параметры ЭМС и получена возможность ввода (при необходимости) новых численных значений характеристик доукомплектованных деталей, узлов, механизмов и элементной базы. Общая теория систем подчиненного регулирования действующих координат с последовательной коррекцией обеспечивает работу всей тянущей системы посредством установленных регуляторов ЭМС межбарабанных промежутков. Входные параметры САУ устанавливаются так, чтобы имели действительные настройки систем [12, 13]. Таким образом, матмоделирование САУ и

САР технологическими параметрами ВМ, (структурная схема на рис. 4) позволило получить имитационную модель работы кабельного агрегата посредством которой стало возможным рассчитать варианты подбора новых узлов, механизмов и элементной базы при возникшей необходимости замены вышедших из строя частей механизма при ремонте технологического оборудования.

Проверка имитационной модели работы ВМ осуществлялась в динамическом режиме с заданными параметрами прямоточной волочильной машины ВПС-500. Расчеты показали адекватность математической модели путем проведения сравнительного анализа переходных процессов с экспериментальными результатами [14].

Рисунок 4. Структурная схема имитационной модели САУ ВМ

Рисунок 5. Результаты математического моделирования работы САУ ВМ

Проведенный, посредством имитационной модели (рис. 4), расчетный эксперимент позволил получить переходной процесс работы ЭМС ВМ (рис. 5). Основной целью проведенной научно-исследова-

тельской работы было проверить адекватность расчетной системы (математической и имитационной модели работы ВМ), как взаимосвязанной работы узлов и элементов ЭМС с учетом качественных параметров отвлоченной проволоки.

Список литературы:

1. В.П. Цыпкина (Иванова), А.А. Хашимов, В.В. Цыпкина Автоматизация и модернизация технологических процессов волочения, обеспечивающих ресурсосбережение. Томск
2. <https://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2013/C43/V2/030.pdf>
3. Цыпкина В.В., Иванов А.А. Разработка обобщенных требований к модернизации электропривода волочильных машин кабельного производства // Universum: технические науки. 2017. №4 (37). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-obobschennyh-trebovaniy-k-mo-dernizatsii-elektroprivoda-volochilnyh-mashin-kabelnogo-proizvodstva> (дата обращения: 21.03.2021).
4. Уникальный автоматизированный волочильный стан создан в ЮУрГУ Трехкратный прямоточный волочильный стан Факультет материаловедения и металлургических технологий Политехнический институт Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет) <https://material.susu.ru/ru/news/уникальный-автоматизированный-волоч/>
5. Автоматизация волочильного стана (протяжного стана) для производства проволоки. <https://eltech.kiev.ua/pf47606-avtomatizatsiya-volochilnogo-stana.html>
6. Радионова Л.В., Фаизов С.Р., Лисовская Т.А., Лисовский Р.А Автоматизированный лабораторный волочильный стан, ЮУГУ, <https://elibrary.ru/item.asp?id=30503764>
7. Линия волочения, ООО Энерго-сервис http://econom-e.ru/?page_id=3503
8. Цыпкина В Иванов А 2017 Разработка обобщенных требований к модернизации электропривода волочильных машин кабельного производства // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. № 4 (37). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/4629> (дата обращения: 21.03.2021)
9. Tsyapkina V, Ivanova V 2019 Modeling of a resource-saving method of drawing E3S Web of Conference 139 (2019) 10 1073 RSES 2019 ([https://doi.org/10.1051/e3sconf/20191390E3S139\(2019\)101073](https://doi.org/10.1051/e3sconf/20191390E3S139(2019)101073))
10. Ivanova V, Tsyapkina V 2020 Improving the reliability of power supply to active consumers by improving the technology for manufacturing cable product E3S Web of Conferences 216, 01152 (2020) RSES 2020 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601152>
11. Madrahimov D Ivanova V Tsyapkina V 2020 Improving the reliability of cable lines operation in hot climates E3S Web of Conferences 216, 01151 (2020) RSES 2020 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601151>
12. Бульхин А.К., Кидяев В.Ф., Кижяев С.А. Электропривод и автоматизация волочильного оборудования. Самара. ООО "ИЦ Книга", 2002.
13. Карандаев А.С. Математическое моделирование тиристорного электропривода с переключающейся структурой / А.С. Карандаев, В.Р. Храмшин, В.В. Галкин, А.А. Лукин // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2010. – №3. – С. 47-53. 9.
14. Храмшин В.Р. Разработка и внедрение автоматизированных электроприводов и систем регулирования технологических параметров широкополосного стана горячей прокатки // Вестник ИГЭУ. – 2012. – №6. – С. 100-104.
15. Храмшин В.Р. Система автоматической коррекции скоростей электроприводов клеток широкополосного стана горячей прокатки // Вестник ЮУрГУ. Серия "Энергетика". – 2012. – № 37(296). – С. 60-67.
16. Isamukhamedov, D.N., Madrahimov, D.B., Atamukhamedova, R.F., Tairova, N.J. 2020 Issues of improving quality of contact wire E3S Web of Conferences 216, 01154 (2020) RSES 2020 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601154>

DOI - 10.32743/UniTech.2021.86.5.11826

**ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА
ТОКОПРОВОДЯЩИХ ЖИЛ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ КАБЕЛЬНО-ПРОВОДНИКОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

Цыпкина Виктория Вячеславовна

доцент, PhD,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: c-victory@yandex.com

Иванова Вера Павловна

доцент, PhD,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: veronika.tsipkina@yandex.com

Исамухамедов Дилшод Нигматуллаевич

ст. преподаватель,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: dilshod.isamuxamedov@gmail.com

Ортиқова Мусаллам Жаҳонгир қизи

ст. преподаватель,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: musallam1980@mail.ru

Атамухамедова Раъно Фазилджановна

ст. преподаватель,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: Ranoatamukhamedova@gmail.ru

**ISSUES OF THE EFFICIENCY OF THE PRODUCTION PROCESS OF CONDUCTIVE CORES
BASED ON COMPOSITE MATERIALS FOR CABLING AND WIRING PRODUCTS**

Victoria Tsyapkina

Associate Professor, PhD,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Vera Ivanova

Associate Professor, PhD,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Dilshod Isamukhamedov

Senior Lecturer,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Musallam Ortikova*Senior Lecturer,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***Rano Atamukhamedova***Senior Lecturer,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

АНОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы отработки технологии изготовления токопроводящих жил для кабельно-проводниковой продукции выполненных на основе композитных материалов. Подробно освещена технология производства композитных заготовок для последующего волочения, а также способы их получения. Особо уделено внимание достоинствам данных изделий, чем подтверждена актуальность проведенных исследований. Однако, существующие недостатки связанные с строением и структурой композитных проволок, оказывают негативное влияние на технологию в целом, и в частности на процесс волочения, что приводит к увеличению стоимости продукции и затяжному технологическому процессу. Рост стоимости готового изделия обусловлен нарушением технологии, которая связана со структурным разнообразием слоев композитной длиномерной заготовки, что определяет непостоянство ее пластических свойств по всей длине. Посредством обобщенной математической модели технологического процесса волочения и на основании справочных данных были получены расчетные параметры технологических вытяжек по слоям композитной заготовки, которая подлежит волочению. Результаты проведенной исследовательской работы позволили разработать методику расчета технологических режимов работы волочильной машины и определить оптимальные технологические параметры работы технологического оборудования.

ABSTRACT

The article discusses development of technology for the manufacture of conductive cores for cabling and wiring products made on the basis of composite materials. The technology of production of composite blanks for subsequent drawing, as well as methods for their performing, are described in detail. Particular attention is paid to the merits of these products, which confirms the relevance of the research. However, existing drawbacks associated with the structure of composite wires have a negative impact on the technology in general and in particular on the drawing process, which leads to an increase in the cost of production and protracted technological process. Growth of the cost of the finished product is due to the violation of technology, which is associated with the structural diversity of the layers of the composite long-length blank, which determines the inconstancy of its plastic properties along the entire length. By means of a generalized mathematical model of the production process of drawing and on the basis of reference data, the calculated parameters of partial reduction on the layers of the composite blank, which is to be drawn, were obtained. The results of the research work made it possible to develop a method for calculating the technological modes of operation of the drawing machine and to determine the optimal technological parameters for the operation of production equipment.

Ключевые слова: токопроводящая жила, композитные материалы, кабельно-проводниковая продукция, волочение, катанка, волочильная машина, технология переработки отходов кабельного производства, дробленка.

Keywords: conductive core, composite materials, cabling and wiring products, wire drawing, wire rod, wire drawing machine, cable production waste processing technology, shredding (chopped grains).

Возрастающая стоимость меди определяет спрос на использование в электротехнической промышленности композитных материалов (композиты), которые применяются в виде длиномерных электропроводников для производства кабельно-проводниковой продукции (КПП), выполненных на основе меди, алюминия и стали. Основным достоинством таких изделий является разработка конструкций токоведущих частей с заранее заданными свойствами [1]:

1. Высокими показателями по эффективности производства, конструктивной массе и технологичности;

2. Возможность получения материалов с качественно новыми свойствами, которые не только повышают эксплуатационные характеристики существующих конструкций, но и позволяют

создавать принципиально новые типы, недоступные при применении традиционных материалов.

Основной задачей, которая решается при изготовлении токоведущих жил (ТПЖ) выполненных из композитных материалов, является их совместимость. Иными словами, композиты входящие в состав не должны взаимодействовать между собой, как при изготовлении (технологическом процессе), так и их последующей эксплуатации (то есть не растворяться или иным способом поглощать друг друга). Поэтому технологические и эксплуатационные свойства ТПЖ выполненной на основе композитов определяются не только свойствами компонентов входящих в ее состав, но также зависят от уровня их взаимодействия [2]. При этом количественный состав и вид наполнителя ди-

туют разнообразие физико-механических характеристик композиционной проволоки [3]. Таим образом компонентный состав композитной ТПЖ должен обладать взаимодополняющими свойствами, что позволяет достичь высоких характеристик по прочности и вязкости разрушения в сочетании с не менее высокими электропроводящими свойствами.

Существуют различные способы производства композиционных материалов. Самым распространенным способом принято считать порошковую металлургию. Также способом изготовления считается спекание в вакуумной печи или в среде осушенного водорода, в результате получают материалы с тугоплавкими соединениями, обладающими высокими механическими свойствами, что очень актуально при эксплуатации контактных проводов. Если в состав ТПЖ входят упрочняющие неметаллические элементы, то в этом случае применяют электрический ток, который ускоряет процесс спекания – это способ позволяет получить готовое изделие также с высокими механическими свойствами, которые отличаются меньшей стоимостью по сравнению с первым способом. Использование в технологии электроимпульсного и электроконтактного способа спекания определяет возможность совместить два достоинства токопроводящей части кабеля, это уникальное сочетание материалов и установленные условиями эксплуатации физико-механические свойства [3, 4] КПП.

Композитные ТПЖ изготавливаются методом формования изделий, который делится на открытый и закрытый [5]. К открытому относится - контактное

формование, напыление, намотка, центробежное формование, а к закрытому - прессование, инжекционное формование, а также протяжка (волочение).

Наиболее эффективной технологией изготовления токопроводящей части кабеля является производство осесимметричной слоистой композиционной проволоки (би- и триметаллические электропроводники диаметром от 0,1 до 1,0 мм для работы в агрессивных средах, в условиях высоких температурных нагрузок и др.) способом волочения [2]. Изучение вопросов технологии и исследование процессов деформации кабельных заготовок на основе композиционных материалов при их волочении занимались ученые Аркулиса Г.Э., Белов М.И., Бояршинов М.И., Белалов Х.М., Залазинский А.Г., Ейльман Л.С. и др.

Растущие требования к эксплуатационным характеристикам кабельно-проводниковой продукции определяют применение в технологическом процессе новых современных видов технологического оборудования, способного обеспечить эффективность ее производства в сочетании с высоким качеством готовой продукции [2]. Особенностью технологии производства ТПЖ из слоистых электропроводников является изготовление единичного отрезка имеющего строительную длину до одного километра.

Также необходимо соблюдать требования по технологии в сочетании конструктивными ограничениями: обеспечение сплошности покрытия сердечника в сочетании с обязательным постоянством диаметра проволоки по всей строительной длине.

Рисунок 1. Провода композитные из алюмомеди

Сложность многоходового волочения композитной проволоки из алюминия покрытого медью, определяется наличием хрупкой межметаллической фазы между алюминиевым сердечником и медным покрытием (рис.1). При этом выходной диаметр проводника для разных марок кабеля колеблется от 0,1 до 0,7 мм, а длина единого отрезка находится в пределах от 3 до 30 км. Соблюдение основного конструктивного параметра – соблюдении строгой геометрии многожильного композита, должно сочетаться с отсутствием пержимов, обрывов, инородных включений, высокой однородности сверхпроводящих волокон по всей строительной длине с заданным уровнем дефектности и обеспечении пиннинга. Выполнение всех требований к технологии на волочильном пределе определяет самую высокую продолжительность технологического процесса производства готового кабельного изделия.

Структурное разнообразие слоев композитной длиномерной заготовки определяют пластические свойства по всей ее длине. В этой связи перед производством стоит задача отработать технологию многоходового волочения, которая позволит обеспечить деформирование заготовки без обрывов. Исключение обрыва в процессе волочения позволит избежать изменение структуры композитной проволоки и ее параметров образованных при стыковой сварке заготовки (рис. 2). Выполнение условия безобрывности особенно критично для последних переходах тонкого волочения, когда стоимость заготовки (полуфабриката незавершенного производства) многократно возрастает.

Рисунок 2. Сварочный шов места обрыва проволоки

Таким образом, актуальной производственной задачей при отработке технологического процесса волочения, является обеспечение обязательного условия получения длиномерных композиционных изделий, которые отвечают требованию - отсутствие дефектности по всей длине. Достижение установленных критериев может быть реализовано за счет усовершенствования работы технологического оборудования [6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 16, 17] и методик пересчета маршрутов волочения [12, 13, 15].

При изготовлении кабельно-проводниковой продукции наиболее широко применяют би- и триметаллические электропроводники круглого сечения, структура которых представляет собой сердечник и одну или две оболочки (рис. 3).

Рисунок 3. Сечение композиционной заготовки для волочения проволоки, где 1 - сердечник; 2,3 - оболочка

К важнейшим характеристикам рассматриваемых ТПЖ относятся: критические значения напряженности магнитного поля, температура и плотность тока (j_c), которые определяются структурным

состоянием используемых металлов или сплава и зависят от способа изготовления (термомеханической обработки композиционной заготовки) [2, 3, 4].

Рисунок 4. Конструкция голого неизолированного провода выполненного на основе композиционных материалов

Еще один вид композиционной заготовки (рис. 4) – это би- или триметалл, где промежуточный слой или сердечник является композит. В этой конструкции в состав входят сверхпроводящие волокна выполненные на основе сплавов $NbTi$ или соединений Nb ($\sim 10^4 - 10^5$ $шт$) размещенных в медной матрице или в матрице из высоколегированной бронзы [4, 5].

3. Результаты и обсуждение

Большое количество видов проволок, выполненных из композитов, определяет большой разброс технологии изготовления КПП. Это связано с особенностями производства, разнообразием состава гетероген-

ных систем - композиционных материалов, компоненты которых, не смешиваются друг с другом и способны обеспечить требуемый набор свойств ТПЖ.

Отволоченная проволока, является основой при изготовлении токопроводящей части кабеля. Соответственно, отработанная технологическая операция - волочение, позволит получить готовое изделие с высокими эксплуатационными характеристиками и низкую себестоимость продукции, за счет сокращения производственных отходов, а именно: обрывов и технологического брака.

Таким образом, формулируется производственная задача, решение которой возможно осуществить за счет повышения стойкости алмазного волочильного

инструмента [11, 12, 13, 14, 15, 16], усовершенствования технологии волочения путем разработки математической модели процесса волочения композиционных заготовок и расчета минимальных и максимальных величин разовой деформации, которая обусловлена неравномерностью деформации волочения разнородных материалов входящих в состав композитной заготовки [18, 20, 21].

Особенностью рассматриваемой технологии является то факт, что заготовка, подлежащая волочению,

имеет слоистую структуру, состав которой выполнен из различных материалов, имеющих отличные друг от друга физико-механические характеристики [19]. Следовательно, технологические параметры материалов тоже существенно отличаются друг от друга и имеют разный коэффициент вытяжки, а соответственно силу и скорость волочения (рис. 6).

Рисунок 6. Модель распределения сил волочения по слоям композиционной проволоки, где P – сила волочения; P_1 – сила волочения, действующая на сердечник; P_2 – сила волочения, действующая на оболочку

Базовая модель распределения сил волочения по слоям композиционной проволоки (рис. 6) разработана на основании обобщенной математической модели для волочильной машины.

$$P = P_1 + P_2 \quad (1)$$

При вытяжке разнородной заготовки степень деформации слоев имеет различные значения. Самым опасным местом, с точки зрения технологии, считается место перехода слоев в следствии возникшей здесь в начальной стадии втяжки значительного уплотнения материала и растягивающих усилий,

возникших в результате действия сил трения между слоями материалов. Поперечное сечение заготовки считается опасным сечением, на плоскость которого действует сила волочения (1).

На основании обобщенной математической модели (2) были рассчитаны различные варианты режимов работы прямооточного волочильного стана и определена оптимальная кратность процесса волочения с обеспечением энергоэффективности технологии в целом для композитной заготовки [11, 12, 13, 16, 22].

$$\begin{aligned}
 M_{\text{дин}_n}(p) &= M_{\text{дв}_n}(p) - P_n(p) \frac{R_{\text{сн}}^{\text{вх}}}{j_{\text{ред}_n}} + Q_{(n-1)}(p) \frac{R_{\text{сн}}^{\text{вых}}}{j_{\text{ред}_n}} - M_{\text{хх}_n}(p); \\
 \omega_{\text{дв}_n}(p) &= M_{\text{дин}_n}(p) \frac{1}{J_{\Sigma n} p}; \\
 v_{\text{сн}}^{\text{вх}}(p) &= \omega_{\text{дв}_n}(p) \frac{R_{\text{сн}}^{\text{вх}}}{j_{\text{ред}_n}}; \\
 v_{\text{сн}}^{\text{вых}}(p) &= \omega_{\text{дв}_n}(p) \frac{R_{\text{сн}}^{\text{вых}}}{j_{\text{ред}_n}}; \\
 P_i(p) &= (v_{\text{сн}}^{\text{вх}} - v_{\text{сн}}^{\text{вых}}) \frac{EF_n}{L_{p n} p} \\
 v_{\text{сн}}^{\text{вых}} &= v_{\text{сн}}^{\text{вх}} \mu \\
 v_{\text{сн}}^{\text{вх}} &= Q_i(p) \frac{L_{Q n} p}{EF_{(n-1)}} + v_{\text{сн}}^{\text{вх}} \\
 Q_n(p) &= P_n(p) - N_n(p)
 \end{aligned}$$

(2)

Результаты моделирования технологического процесса позволили получить оптимальные значения технологических вытяжек (рис. 7)

Рисунок 7. Параметры технологических вытяжек для композитной заготовки, где I_1 – сердечник; I_2 – оболочка

Усовершенствование технологии волочения – является одной из актуальных задач любого кабельного производства. Однако, это касается волочения

проволоки, выполненной из традиционных материалов, а изучение процессов деформирования композитных материалов и изготовление ТПЖ на их основе – вопрос, который требует постоянного внимания технологов. Решение поставленной задачи, влечет за собой следующие: технология изготовления, существенно отличается от производства стандартных кабелей и проводов. Это связано с особенностями структуры композитной проволоки. Проведенная исследовательская работа и соответствующие расчеты, по средствам обобщенной математической модели процесса волочения, позволили получить данные по уточненным технологическим характеристикам. Применение результатов научно-исследовательской работы даст возможность уменьшить процент отхода связанный с обрывом и выбраковкой дорогостоящей продукции, что позволит отработать технологический режим и правильно рассчитать маршрут волочения. В результате проведенной научно-исследовательской работы была разработана методика, с помощью которой можно осуществить расчет технологических режимов работы волочильной машины и определить оптимальные технологические параметры работы технологического оборудования. Эксплуатация кабельной продукции, конструкция которой содержит композитную токоведущую часть это очень прогрессивное направление, однако рециклинг отходов и демонтированного кабеля, который подлежит замене, как вышедший из строя [23, 24] – это открытый пункт, который требует новых технологических решений и исследований в этом направлении.

Список литературы:

1. Кобасников Н 2000 Теория обработки металлов давлением. Сопротивление деформации и пластичность. – СПб.: СПбГТУ
2. Быков В 2014 Особенности волочения осесимметричных композиционных изделий с волокнистым сердечником из цветных металлов и сплавов Журнал Известия вузов. Цветная металлургия “Обработка металлов давлением”, № 1
3. Рожкова Т Паульс В 2019 Получение композиционных материалов на основе меди // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. №2
4. Паульс В, Филатов А 2018 Электродиффузионная термическая обработка бронзы БрОФ7-0.2 // Современные научно-практические решения в АПК: сборник статей II всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья <http://ejournal.omgau.ru/images/issues/2019/2/00724.pdf>. – ISSN 2413-406/
5. Получение заготовок и деталей из композиционных материалов. https://studme.org/36332/tovarovedenie/poluchenie_zagotovok_detaley_kompozitsionnyh_materialov
6. Khamudkhanov M, Sapaev KH, Umarov Sh 2020 Multi-motor drive with common inverter for pumping units. Web of Conferences, II International scientific conference. MIP: Engineering-2020: modernization, innovations, progress: advanced technologies in material science, mechanical and automation engineering. MIP: Engineering-2020.IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 862 (2020) 062035 IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/862/6/062035
7. Umarov Sh, Rakhmatov D 2020 Calculation of transition processes in stabilized power sources on the basis of a single-phase serial current inverter. Web of Conferences, II International scientific conference. MIP: Engineering-2020: modernization, innovations, progress: advanced technologies in material science, mechanical and automation engineering. MIP: Engineering-2020. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 862 (2020) 062032 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/862/6/062032

8. Sapaev Kh Umarov Sh Abdullabekov I 2020 Research energy and resource saving operating modes of the pump unit. E3S Web of Conferences 216, 01150 (2020)
9. The Authors, published by EDP Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)
10. Sapaev Kh Umarov Sh Abdullabekov 2020 Critical frequency of autonomous current inverter when operating on active-inductive load E3S Web of Conferences 216, 01153 (2020) The Authors, published by EDP Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).
11. Цыпкина В. Иванов А. Разработка обобщенных требований к модернизации электропривода волоочильных машин кабельного производства // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. № 4 (37). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/4629> (дата обращения: 21.03.2021)
12. Tsypkina V, Ivanova V 2019 Modeling of a resource-saving method of drawing E3S Web of Conference 139 (2019) 10 1073 RSES 2019 (<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20191390> E 3S 139 (2019) 10 1073)
13. Ivanova V, Tsypkina V 2020 Improving the reliability of power supply to active consumers by improving the technology for manufacturing cable product E3S Web of Conferences 216, 01152 (2020) RSES 2020 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601152>
14. Madрахимов D Ivanova V Tsypkina V 2020 Improving the reliability of cable lines operation in hot climates E3S Web of Conferences 216, 01151 (2020) RSES 2020 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601151>
15. Иванова В Цыпкина В Акбаров Ф Носирова Д Муминов Х 2020 Влияние улучшения технологии изготовления токопроводящей жилы на эксплуатационные характеристики кабельно-проводниковой продукции // Universum: технические науки. 2020. №11-5 (80). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-uluchsheniya-tehnologii-izgotovleniya-tokoprovodyaschey-zhily-na-ekspluatatsionnyy-harakteristiki-kabelno-provodnikovoy> (дата обращения: 21.03.2021)
16. Цыпкина В Иванов А 2017 Разработка обобщенных требований к модернизации электропривода волоочильных машин кабельного производства // UNIVRESUM: Технические науки №4 (37) Москва
17. Madрахимов D Ivanova V Pirmatov N 2019 Improving energy efficiency of drawing equipment through energy and resources International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 6, Issue 7 2019/3/30 www.ijarset.com
18. Цыпкина В Иванова (Цыпкина) В Мукольянц А Эргашева Д 2015 Особенности технологии волочения композиционных электропроводников., Материалы республиканской научно-технической конференции «Прогрессивные технологии получения композиционных материалов и изделий из них» Ташкент
19. Лопарев В Образцов Ю 2014 Об особенностях современных неизолированных проводов для воздушных линий электропередачи, Журнал “Кабели и провода” №6 9245), Москва
20. Трофимов В 2007 Совершенствование технологии волочения длинномерных осесимметричных композиционных электропроводников, Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Глазов
21. Быков В 2014 Особенности волочения осесимметричных композиционных изделий с волокнистым сердечником из цветных металлов и сплавов Журнал Известия вузов. Цветная металлургия “Обработка металлов давлением” № 1
22. Линьков С 2004 Математическая модель многократного прямого волочильного станазависки горного института. часть 2 С-Перетбург
23. Tsypkina V Issamukhamedov D Turabekov O 2019 Resource-saving method for secondary cable production, International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 6, Issue 7, <http://www.ijarset.com/upload/2019/july/47-Daniyar-June-100.pdf>
24. Tsypkina V Madрахимов D 2019 Method of resource saving of cable production recycables E3S Web of Conferences 139 (2019) 01057 RSES 2019 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20191390> E 3S 139 (2019) 10 1073
25. Isamukhamedov D.N., Madрахимов D.B., Atamukhamedova R.F., Tairova, N.J. 2020 Issues of improving quality of contact wire E3S Web of Conferences 216, 01154 (2020) RSES 2020 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601154>

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТА ГДК-ОПК В РЕЖИМЕ СТРЕСС-ТЕСТА С СКО ДЛЯ АНАЛИЗА ПЛАСТА К ПРИГОДНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРП

Берденова Салтанат Саматкызы

магистрант,
Казахстанско-Британский технический университет,
Республика Казахстан, г. Алматы
E-mail: saltanat.berdenova@gmail.com

Тикебаев Талгат Асанбаевич

PhD по специальности «Нефтегазовое дело», ассистент профессор,
Казахстанско-Британский технический университет,
Республика Казахстан, г. Алматы

APPLICATION OF THE MDT SAPLING TOOL IN STRESS TEST MODE WITH ACIDIZING FOR HYDRAULIC FRACTURING SUITABILITY RESERVOIR ANALYSIS

Saltanat Berdenova

Master's student,
Kazakh-British Technical University,
Republic of Kazakhstan, Almaty

Talgat Tikebaev

PhD in the specialty "Oil and Gas Business", assistant professor,
Kazakh-British Technical University,
Republic of Kazakhstan, Almaty

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты испытания пласта с помощью создания микротрещин инструментом для гидродинамического каротажа (ГДК) и опробованию пластов (ОПК). Применение модульного пластоиспытателя для стресс-теста и соляно - кислотной обработки (СКО) скважин является совершенно новой технологией, позволяющей нам оценить коллектор на рентабельность проведения гидроразрыва пласта (ГРП). В ходе испытаний были обнаружены интервалы с положительными послетестовыми результатами, что доказывает важность системы диагностических скважинных исследований, призванной обеспечить высокоэффективный контроль разработки низкопроницаемых коллекторов.

ABSTRACT

The article presents results of creating micro-fracks with modular dynamic tester and formation fluid sampling tool. The usage of MDT for stress testing and hydrochloric acid treatment of wells is a completely new technology that allows us to evaluate the formation for efficiency of hydraulic fracturing. During the tests, intervals with positive post-test results were discovered, which proves the importance of the well diagnostic system designed to provide highly effective control of the development for low-permeability reservoirs.

Ключевые слова: гидроразрыв пласта, гидродинамический каротаж, стресс-тест, модульный пластоиспытатель, соляно - кислотная обработка

Keywords: hydraulic fracturing, hydrodynamic logging, stress test, modular dynamic tester, hydrochloric acid treatment

В настоящее время в мире ведутся активные работы по созданию рентабельной системы разработки месторождений с низкопроницаемыми нефтематеринскими коллекторами, относящихся к

нетрадиционным запасам углеводородного сырья. Большая часть запасов углеводорода находится в залежах, приуроченных к низкопроницаемым и слабообдуренным коллекторам. Практика показала,

что для добычи трудноизвлекаемых запасов нефти требуются повышенные затраты финансовых средств, специальные наукоемкие технологии и нефтепромысловое оборудование. Коэффициенты и темпы нефтеизвлечения, экономическая рентабельность разработки залежей трудноизвлекаемых запасов нефти (ТРИЗ) существенно ниже, чем для традиционных коллекторов.

Для наиболее эффективного извлечения нефти в подобных условиях особенно важной становится достоверное исследование скважины, обеспечивающая качественный контроль разработки низкопроницаемых коллекторов с заканчиванием многостадийным гидроразрывом пласта (МГРП), в том числе, с помощью промыслово-геофизических и гидродинамических исследований скважин (ПГИ-ГДИС), основной целью которых является определение фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) пород, характери-

стик выработки пласта, а также в итоге - обоснование и информационное сопровождение выбора оптимального режима работы скважин.

Эффект от проведения ГРП неодинаково проявляется в работе отдельных скважин поэтому должен осуществляться учет индивидуальных параметров пласта с притестом микрофракции и кислотной обработкой для вычисления фактических изменений свойств пласта перед непосредственным выполнением гидроразрыва.

Для анализа методического обоснования комплексных промыслово геофизических и гидродинамических исследований при контроле разработки и мониторинге добычи низкопроницаемых коллекторов приведены нижеперечисленные данные с месторождения X:

В скважине месторождения X выполнен полный комплекс геофизических исследований (ГИС), включающий следующие виды исследований (таб. 1)

Таблица 1.

Выполненные методы ГИС и оценка их качества.

№	Методы	Масштаб глубин	Интервалы глубин (м)	Качество материала
1	БК (RD,RS)	1: 200	x06.83-xx40	отличное
2	МБК (RMSL)	1: 200	x06.83-xx44	отличное
3	Цифровой АК (DT24)	1: 200	x06.83-xx32	отличное
4	ГК (GR)	1: 200	x06.83-xx22.5	отличное
5	ГСК (GSL)	1: 200	x06.83-xx22	отличное
6	КВ (Caliper)	1: 200	x06.83-xx33	отличное
7	ПС (SP)	1: 200	x06.83-xx14	отличное
8	Литолого- плотностной каротаж (ZDEN,PE)	1: 200	x06.83-xx33	отличное
9	Компенсированный Нейтронный каротаж (CNC)	1: 200	x06.83-xx27.7	отличное
10	Инклинометрия	/	x20-xx20	отличное

Общая и эффективная пористость пластов была высчитана по данным литолого-плотностного, компенсированного нейтронного (КНК) и акустического каротажа (АК). Также, по формуле Арчи было вычислено нефтенасыщение коллекторов, константы по данному месторождению: $a=0.42$; $b=1$; $m=2.52$; $n=1.62$; $R_w=0.045$ ом.м. Сопротивление пластовых вод определено по химическому составу вод по площади, а также по анализам проб воды из предыдущих скважин. При определении проницаемости карбонатных отложений использовались зависимости пористости от проницаемости месторождения:

$$KT-I: \log K1 = 0.226 * POR - 1.807$$

По данным КНК, литолого-плотностного каротажа, методов сопротивлений, АК, и гамма каротажа

(ГК) была вычислена вторичная пористость пластов-коллекторов в карбонатных отложениях. Литология разреза скважины определена по методу нейтронного, акустического каротажа, по данным кривых компенсационно-плотностного метода и кривой фотоэлектрического эффекта- РЕФ.

В результате интерпретации данных ГИС в данной скважине было обнаружено 6 пластов-коллекторов с общей мощностью 22.9м. Параметры коллекторов рекомендованных к испытанию приведены в табл.2. Все выделенные коллекторы расположены выше водонефтяного контакта (ВНК), характеризуются как продуктивные. Выделенные пласты-коллекторы представлены известняками, известняками доломитизированными.

Таблица 2.

Интервалы, рекомендованные к испытанию

№	Interval (м)	Thickness (м)	Perm (мД)	Por (%)	SO (%)	Vsh(%)	result
1	xx82.2-xx83.3	1.1	1.2	8.3	88.9	7.0	продуктивный
2	xx22.8-xx24.5	1.8	3.0	9.7	85.8	5.9	продуктивный
3	xx26.8-xx35.7	8.9	2.7	10.3	86.6	4.9	продуктивный
4	xx38.7-xx45.6	7.4	3.4	6.0	85.7	5.7	продуктивный
5	xx47.3-xx49.2	1.9	2.0	8.9	85.8	4.5	продуктивный

Для определения интервалов развития трещин в скважине было проведено исследование электрическим микроимеджером-FMI. В результате интерпретации данных FMI (Рис.1) были обнаружены частично-открытые и закрытые трещины в интервале

интересов, что подтвердило необходимость выполнения испытания пласта на разрыв. В настоящей скважине трещинная пористость имеет место в интервале глубин xx82-xx82.7; xx17-xx22.0; xx25.5-xx26.5; xx45.3-xx52.5; xx72.4-xx73.6м.

	Классификация
	Границы пластов
	Стилолиты
	Открытая проводящая трещина
	Частично-открытая проводящая трещина
	Закрытая трещина
	Вывалы
	Техногенные трещины

Рисунок 1. Результаты интерпретации данных FMI

Испытание пласта на стресс-тест с соляно - кислотной обработкой будет рассматриваться на примере коллектора №3 с наибольшим показателем нефтенасыщенности. Как показано на Рис.2 по итогам интерпретации стандартного комплекса ГИС,

32% углеводородов в коллекторах данной скважины являются трудноизвлекаемыми, пласты нуждаются во вовлечении в активную разработку слабодренруемых зон и пропластков.

Рисунок 2. Результаты интерпретации данных стандартного комплекса ГИС

Перед проведением стресс-теста с поэтапной закачкой соляной-кислоты и бурового раствора, на глубине интересов был проведен испытательный отбор пробы объёмом 70л, с помощью установления двух временных пакеров на инструменте ГДК. Из клапанов расположенных между пакерами была отобрана проба пластового флюида, для сравнения результатов до и после СКО. В общей сложности прибор провел в режиме откачки на данном интервале 6 часов, перед непосредственным отбором пробы. В результате откачки был получен приток нефти под

давлением 48.5 атм, в то время как депрессия на пласт составила 112 атм. Зарегистрирована кривая восстановления давления(КВД) достигшая 153.6 атм. На Рис.3 ясно выражены фракции бурового раствора в начальном этапе откачки, затем воды и углеводорода благодаря ярко выраженным различиям показателей флюоресценции, удельного сопротивления, плотности и вязкости жидкостей. На Рис.4 видно что КВД достигла своего максимального показателя в 153.6 атм по истечению 1.67 часов, что подтверждает низкую проницаемость коллектора.

Рисунок 3. ОПК (хх58.3 м ИГ) до испытания

Рисунок 4. ОПК (хх58.3 м ИГ), КВД до испытания

По завершению отбора пробы, в данном была инициирована трещина по средствам закачки бурового раствора в межпакерный интервал, после чего была проведена закачки HCL в объеме 10 л с последующими 4 циклами повторного раскрытия трещины ГРП с помощью нагнетания бурового раствора. Максимальное давление нагнетания в межпакерном интервале составило 468 атм, когда давление ГРП

являлось 468 атм. Давление повторного открытия трещин варьировалась в районе 316-342атм, распространялись трещины под давлением 330-340 атм. Предварительная оценка давления закрытия трещины - 285 атм. На Рис.5 можно увидеть увеличение межпакерного давления во время закачки жидкости в пласт, так же как и постепенный спад, подтверждающий успешную операцию по созданию микротрещин.

Рисунок 5. Стресс-тест+ СКО (xx58.3 м ИГ)

Для установления и расчета изменений физических свойств пласта до и после проведения стресс-теста с раскрытием трещин, был проведен повторный отбор проб. По результатам отбора можно увидеть что во время откачки после бурового раствора и чистой фракции воды, приток составил 100% углеводород (Рис.6). ГДК-ОПК в общей сложности провел 8 часов в режиме прокачки. Давление отбора объемом 104 л составило 118.5 атм,

депрессия на пласт 42.2 атм. Наблюдается увеличение производной на характеристике вытеснения, выражающее повышение коэффициента нефтеотдачи. По данным КВО наблюдается сферический режим течения. Давление КВД достигло максимума в 160.505 атм в течении первых 10и минут (Рис.7), что указывает на колоссальные улучшения проницаемости пласта по сравнению с предыдущими результатами.

Рисунок 6. ОПК (xx58.3 м ИГ), КВД после СКО

Рисунок 7. Результат

Выводы

По итогу исследования был обоснован расширенный комплекс промыслово-геофизических и гидродинамических исследований скважин с заканчиванием многостадийным гидроразрывом пласта на объектах с низкопроницаемыми трудноизвлекаемыми

запасами углеводородов, предполагающий повышение информативности за счет вычета разниц физических свойств пласта и кривой восстановления давления, в комбинации с использованием методов диагностики профиля притока на основе гидродинамического каротажа и отбора проб.

Список литературы:

1. Зятиков П.Н. Влияние направления трещин многостадийного гидравлического разрыва пласта на коэффициент извлечения нефти / П.Н. Зятиков, К.В. Синябрюхов, Ю.С. Березовский и др. // Вестник Томского государственного университета. – 2019
2. Отчет результатов ГДК-ОПК(MDT) в скв. X
3. Заключение по комплексу геофизических исследований в скв. X
4. Мартюшев Д.А. Исследование влияния трещиноватости на особенности разработки нефтяных залежей в карбонатных коллекторах. – 2018 – 1.7.
5. Косков В.Н. Геофизические исследования скважин и интерпретация ГИС. //Издательство Пермского государственного технического университета – 2007.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ С ПОДВИЖНЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ЭКРАНАМИ И С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Болтаев Отабек Таимухамматович

канд. техн. наук, доцент,
Ташкентский государственный транспортный университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: otash_be@mail.ru

Мирасадов Миркомил Жамол угли

ассистент,
Ташкентский государственный транспортный университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: mir.32.ttymi@mail.ru

Нурхонов Бахром Шавкат угли

преподаватель,
Ташкентский государственный транспортный университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: nurxonovbahrom2000@gmail.com

INVESTIGATION OF THE STATIC MODE OF MAGNETIC CIRCUITS WITH MOVING ELECTROMAGNETIC SCREENS AND WITH DISTRIBUTED PARAMETERS

Boltayev Otabek

PhD, docent, Tashkent State Transport University,
Uzbekistan, Tashkent

Mirasadov Mirkomil

Assistant, Tashkent State Transport University,
Uzbekistan, Tashkent

Nurxonov Baxrom

Teacher,
Tashkent State Transport University,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье исследован статический режим разработанных магнитных цепей преобразователя с подвижными электромагнитными экранами и с распределенными параметрами. На основе закона распределения магнитного потока, определено выходное напряжение до и после подвижных экранов и на основе полученного выражения, рассмотрена статическая характеристика. Обоснована разница в 8% между теоретическими и экспериментальными результатами, полученных статических характеристик.

ABSTRACT

In the article the static mode of the developed Converter with movable electromagnetic screens and with distributed parameters is investigated. On the basis of the law of distribution of a magnetic flux, the output voltage before and after moving screens is defined and on the basis of the received expression, the static characteristic is considered. The difference of 8% between the theoretical and experimental results of the obtained static characteristics is justified.

Ключевые слова: подвижный электромагнитный экран, активное сопротивление подвижного экрана, дифференциальная преобразователь, индуктивность обмотки возбуждения, координаты подвижного экрана.

Keywords: the movable electromagnetic field, the resistance of the movable screen, differential converter, the inductance of the field winding, the coordinates of the movable screen.

Связь между входными и выходными размерами любого устройства позволяет получить описание его статического режима. Созданное устройство преобразователь с подвижными электромагнитными экранами (ПЭЭ) и с распределенными параметрами (РП), для сдвига входного параметра движущегося элемента (экрана), а выходная величина, является ЭДСом, который формируется в измерительном обмотке. Созданный преобразователь ПЭЭ и РП состоит из внешнего и внутреннего кольцевого сердечника, который расположен на одинаковом расстоянии друг от друга, чередующейся магнитной системы, предназначенной для измерения угла сдвига. Эти сердечники соединены последовательно друг против друга, где возбуждающие w_m и измерительный w_y обмотки размещены и соединены между собой симметрично установленными стержнями.

На внешнем кольцевом сердечнике преобразователя магнитной системы установлены взаимно механически закрепленные подвижные экраны (рис-1) [2].

На созданном преобразователе ПЭЭ и РП выходная электродвижущая сила в измерительном кольце определяется следующим образом:

$$E_y = -j\omega w_y (2Q_{\mu m}^y) = -j2\omega M_{y\mu} I_y \quad (1)$$

Здесь w_y - число витков в измерительной катушке; $Q_{\mu m}^y$ - протекающий магнитный поток через измерительную катушку; I_y - ток подвижного экрана; $M_{y\mu}$ - взаимная индуктивность между измерительной катушкой и подвижным экраном.

Катушка возбуждения может быть подключена к источнику стабильного тока $I_m = const$ или к источнику стабильного напряжения $U_m = const$.

Выходная электродвижущая сила в режиме тока и напряжения созданного преобразователя определяются следующим образом:

$$E_y = -I_m \frac{2\omega^2 M_{m\mu} M_{y\mu}}{R_y + jx_y}, \quad (2)$$

$$E_y = -I_m \frac{2\omega^2 M_{m\mu} M_{y\mu}}{R_y + R_m \frac{\omega^2 M_{m\mu}^2}{R_m^2 + x_m^2} + j(x_y - x_m \frac{\omega^2 M_{m\mu}^2}{R_m^2 + x_m^2})} \quad (3)$$

здесь $M_{m\mu}$ - взаимная индуктивность между и подвижного экрана;

$Z_y = R_y + jx_y$ - полное комплексное электрическое сопротивление учитывающий активного и полного индуктивного сопротивления подвижного экрана;

$Z_m = R_m + jx_m$ - комплексное электрическое сопротивление катушки возбуждения в случае, равное

$R_y = \infty$; возбуждения тока равен $I_m = \frac{U_m}{Z_m}$ при

$R_y = \infty$.

Обычно активное сопротивление подвижного электромагнитного экрана намного меньше его индуктивного сопротивления. По этому если принять стабильный ток в токовом режиме равным I_m , можно увидеть, что чувствительность преобразователя, созданного на основе выражений 2 и 3, в режиме напряжения выше, чем в режиме тока.

Из выражений 2 и 3 известно, что для расчета выходной ЭДС преобразователя необходимо определить индуктивности катушек. Расчет индуктивностей катушки осуществляется в зависимости от магнитной движущей силы (МДС) и закона распределения магнитного потока по стержням. Разветвление магнитного потока вдоль воздушные зазоры и наличие магнитных сопротивлений в стальных стержнях приводят к изменению модуля и аргумента комплексной величины индукции. Кроме того, электрические и магнитные параметры магнитной системы меняются в зависимости от положения экрана. Поэтому расчет МДС и законов распределения потоков с высокой точностью при наличии комплексных магнитных сопротивлений стальных стержней и подвижного экрана является трудной задачей.

Рисунок 1. Структура созданной магнитной системы преобразователя ПЭЭ и РП

Применение следующих граничных условий упрощает процессы расчета и оценки исследуемых параметров:

Для упрощения процессов расчета и оценки исследуемых параметров целесообразным считается применение следующих граничных условий: удельная магнитная проводимость между рабочими воздушными зазорами внутреннего и внешнего стержнями принимается постоянной; удельное Z_{μ} и полное Z_{μ} магнитное сопротивление стали вдоль длины рабочей площади остается без изменения; магнитная цепь работает на линейной участке кривой намагничивания; обмотки возбуждения и витки подвижного экрана рассматриваются как сосредоточенный параметр [1, 3].

Для расчета $M_{\mu\alpha}$ и L_{μ} индуктивностей требуется определить законы распределения ЭДС и магнитных потоков по стержням при $R_s = \infty$. Магнитная цепь разработанного преобразователя относительно оси "0-0" является симметричной. Следовательно, часть магнитной цепи достаточно рассчитать с использованием основных уравнений магнитных цепей с распределенными параметрами. В соответствии метода расчета цепочки путем разделения ее на определенные участки магнитный поток $Q_{\mu\alpha}^M$ в левой части и магнитное напряжение $U_{\mu\alpha}^M$ магнитной системы определим в следующем виде [1, 3]:

$$Q_{\mu\alpha}^M = U_{\mu}^M \frac{C_{\mu} sh(\gamma\alpha)}{2\gamma \cdot ch(\gamma\alpha_m)}; U_{\mu\alpha}^M = U_{\mu}^M \frac{ch(\gamma\alpha)}{2ch(\gamma\alpha_m)} \quad (4)$$

Полный магнитный поток, создаваемый каждой из катушек возбуждения, когда рассеивающие магнитные потоки равны $\alpha = \alpha_m$, определяется следующим образом:

$$Q_{\mu}^M = Q_{\mu s}^M + Q_{\mu\alpha_m}^M = U_{\mu}^M (C_{\mu s}^M + \frac{C_{\mu}}{2\gamma} th(\gamma\alpha_m)),$$

здесь $C_{\mu s}^M$ - емкость магнитного рассеивания обмотки возбуждения (рассеивающая проницаемость по классической аналогии).

В этом случае индуктивность в каждой секции катушек возбуждения и ЭДС движущегося экрана выражаются следующим образом:

$$L_{\mu} = L_{\mu s} + w_{\mu}^2 \frac{C_{\mu}}{2\gamma} th(\gamma\alpha_m);$$

$$E_{\mu} = -j\omega w_{\mu} U_{\mu}^M \frac{C_{\mu} sh(\gamma\alpha)}{2\gamma \cdot ch(\gamma\alpha_m)}.$$

Полные магнитные потоки, создаваемые движущимся экраном, определяются следующим образом.

$$Q_{\mu}^3 = Q_{\mu s}^3 + Q_{\mu m}^3,$$

здесь $Q_{\mu s}^3$ - рассеивающий магнитный поток движущегося экрана; $Q_{\mu m}^3$ - замыкание магнитных потоков через внутренние и внешние сердечники.

В этом случае выходная ЭДС преобразователя определяется следующим образом (рис-2):

$$E_{\mu} = -I_{\mu} \frac{\omega^2 w_{\mu} w_{\mu'} L_{\mu} C_{\mu} sh(\gamma\alpha)}{(R_{\mu} + j\omega(L_{\mu s} + L_{\mu m}))\gamma \cdot ch(\gamma\alpha_m)}. \quad (5)$$

В этом выражении $Q_{\mu m}^3$ будет зависеть от состояния движущегося экрана $L_{\mu m}$, соответствующего магнитному потоку, то есть, когда экран поворачивается на определенный угол, воздушный зазор между его двумя сторонами изменяется на магнитную емкость.

Для расчета индуктивности $L_{\mu m}$ определим закон распределения магнитной действующей силы и магнитного потока движущегося экрана для состояния, в котором находится $R_3 = \infty$. Тогда определение закономерности распределения магнитного потока до и после движущегося экрана можно выполнить с помощью метода расчета разделения цепочек на определенные части [1,3].

В условиях $\alpha_1 = \alpha$ или $\alpha_2 = 2\alpha_m - \alpha$ магнитный поток $Q_{\mu m}^3$ выражается следующим образом:

$$Q_{\mu m}^3 = \frac{U_{\mu}^3 C_{\mu}}{\gamma} \left[\frac{sh(\gamma(2\alpha_m - \alpha)) sh(\gamma\alpha)}{sh(2\gamma\alpha_m)} \right].$$

Из этого выражения $L_{\mu m}$ определяется следующим образом:

$$L_{\mu m} = w_3 \frac{sh(\gamma(2\alpha_m - \alpha)) sh(\gamma\alpha)}{\gamma sh(2\gamma\alpha_m)} \quad (6)$$

Рисунок 2. Статистическая классификация созданного устройства преобразователя с подвижными электромагнитными экранами (ПЭЭ) и с распределенными параметрами (РП): 1-экспериментальный; 2- компьютерная модель; 3- теоретический, $\alpha^* = \frac{\alpha}{\alpha_m}$.

С помощью выражение 3, генерируется выражение, которое позволяет определить выходную электродвижущую силу преобразователя при заданном режиме напряжения.

Из 5-го и 6-го выражений известно, что зависимость $E_{yy}^* = f(\alpha^*)$ в целом имеет нелинейный характер.

Однако анализ выражений 5 и 6 показал, что при работе преобразователя на линейной части основной

кривой намагничивания график зависимости выходной электродвижущей силы от угла поворота движущегося экрана имеет линейную статическую характеристику.

В качестве альтернативы отклонение расчетных значений переменной, создаваемой двумя движущимися электромагнитными экранами, от экспериментальных значений не превышает 8%, а отклонение от значений, полученных с помощью компьютерной модели [4], не превышает 1%.

Список литературы:

1. Amirov S.F., Boltayev O.T. Mathematical models of differential magnetic circuits of converters with movable screens and distributed parameters. Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers 15 (3), 2019. pp. 75-81.
2. Патент РУз (UZ) № IAP 04866. Магнитоупругий датчик усилий/ Амиров С.Ф., Назирова З.Г., Жураева К.К., Болтаев О.Т., Шарапов Ш.А., Файзуллаев Ж.С.// Официальный вестник – 2014. - №4.

3. Amirov S.F., Boltayev O.T., Axmedova F.A. New created mathematical models of movable screens . and a scatter parameters converters // Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems, Vol. 12, Special Issue-02, 2020. pp. 122-126.
4. Amirov S.F., Boltayev O.T., Axmedova F.A. Calculation of Magnetic Chains with Mobile Screens // International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology. India. - №6, Issue 5, May 2019 – pp. 9243-9245.
5. Амиров С.Ф., Атауллаев А.О., Болтаев О.Т. Исследование двухконтурных магнитных цепей датчиков с распределенными параметрами. Материалы II Международной научно-технической конференции «Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации», посвященной 90-летию со дня рождения профессора Зарипова М.Ф./Уфимск. Гос. Техн. Ун-т: РИК УГАТУ, 2019. –С.127-131.
6. Амиров С.Ф., Атауллаев А.О., Болтаев О.Т. Исследование двухконтурных магнитных цепей датчиков с распределенными параметрами. Материалы II Международной научно-технической конференции «Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации», посвященной 90-летию со дня рождения профессора Зарипова М.Ф./Уфимск. Гос. Техн. Ун-т: РИК УГАТУ, 2019. –С.127-131.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

Ершов Ростислав Романович

магистрант,
Казанский государственный энергетический университет,
РФ, г. Казань
E-mail: rostik_1997@mail.ru

Федотов Евгений Александрович

канд. техн. наук, доц.,
Казанский государственный энергетический университет,
РФ, г. Казань

SIMULATING AN AUTONOMOUS SOLAR POWER PLANT IN MATLAB SIMULINK

Rostislav Ershov

Undergraduate
Kazan State Power Engineering University,
Russia, Kazan

Evgeny Fedotov

Candidate of technical sciences, associate professor,
Kazan State Power Engineering University,
Russia, Kazan

АННОТАЦИЯ

В данной статье представлены этапы моделирования автономной солнечной электростанции для исследования ее режимов работы.

ABSTRACT

This article presents the stages of a model of an autonomous solar power plant for the study of its operating mode.

Ключевые слова: солнечные электростанции, режимы работы, модель, моделирование, инвертор, контроллер.
Keywords: solar power plants, operating modes, model, modeling, inverter, controller.

Современные тенденции развития электроэнергетических систем связаны с массовым внедрением новых технологий, таких как распределенная генерация на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) (солнечные электростанции, ветрогенераторы и др.) [2].

Рассматривая проблемы загрязнения окружающей среды, расходы ископаемых ресурсов и централизации энергоснабжения нашей страны, необходимо отметить, что использование традиционных источников энергии и добыча ископаемых топлив экономически оправданы. Но все же исследования в области возобновляемых источников энергии показали свою эффективность. Солнечная энергетика является наиболее развитым направлением, она позволяет снизить стоимость и расход топлива децентрализованных и энергоудаленных источников электроснабжения, а также снижает долю вредного воздействия на окружающую среду традиционных источников энергии.

Любая солнечная электростанция (СЭС), в том числе и микро, состоит из одних и тех же элементов.

- Солнечные батареи. Они нужны для преобразования солнечной энергии в электрический ток. Солнечные батареи состоят из фотоэлектрических ячеек. Изменяя число ячеек, можно увеличить напряжение и мощность батареи. Солнечные батареи в свою очередь соединяются с контроллером точки максимальной мощности (МРРТ);

- Аккумуляторные батареи. Один или несколько аккумуляторов необходимы для накопления электрической энергии, в то время как от солнечных батарей нет толку, то есть в темное время суток или пасмурную погоду. Именно в такое время аккумуляторы будут отдавать энергию накопленную от солнечных батарей. Емкость аккумулятора определяет время работы бытовых приборов и освещения [1];

- Инвертор. Устройство, которое преобразует постоянный в переменный с заданной частотой и напряжением. В зависимости от требований нагрузки параметры могут меняться;

- Различные соединительные элементы, контроллеры заряда-разряда батарей, провода, крепления и прочее.

Рисунок 1. Упрощенная схема СЭС.

По представленной на Рисунке 1 схеме была разработана имитационная модель автономной электрической станции в среде MATLAB Simulink с использованием библиотек Simscape Electrical Specialized Power Systems. Для модели были разработаны: блок солнечных батарей, контроллер, блок аккумуляторных батарей, инвертор и нагрузка. Так же был разработан алгоритм для MPPT контроллера и алгоритм контроллера разряда-заряда батарей.

Для анализа режимов работы СЭС создана математическая модель в приложении Simulink программы MATLAB. Для моделирования переходных процессов использовалась библиотека Specialized Power Systems. Модель СЭС создана на основе аппроксимированных характеристик фотоэлектрического генератора и упрощенных математических функций, что представлено в виде блока subsystemы [3,4,5].

Рисунок 2. Схема СЭС в MATLAB Simulink

Схема, как было отмечено выше, состоит из блока солнечных панелей, преобразователя DC / DC с MPPT контроллером, блока батарей с контроллером заряда - разряда, инвертера и нагрузки.

Станция может работать в сезонном режиме, так и в круглогодичном.

Критерий для определения рационального режима работы ФЭМ находится по формуле:

$$k_{\text{рад}} = E_{\text{год}} / E_{\text{мес}}, \quad (1)$$

где $E_{\text{год}}$ - средняя годовая сумма солнечной инсоляции на горизонтальную поверхность, $\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$; $E_{\text{мес}}$ - среднемесячная сумма солнечной инсоляции на горизонтальную поверхность, минимальная течение года, $\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$. Коэффициент $k_{\text{рад}}$ характеризует отношение солнечной инсоляции при наименее солнечном месяце до инсоляции за весь год, поэтому можно сказать, что если это отношение будет больше 50, то режим работы для станции необходимо выбрать сезонный, если меньше 50 - круглогодичный.

Список литературы:

1. Бут Д.А. и др. Накопители энергии – М.: Энергоатомиздат, 1991. – С. 154–227.
2. Воронин В.А. и др. О возможном пути развития ЭЭС России на базе широкого использования накопителей энергии // Электрические станции. – 2012. – № 5. – С. 14–19.
3. Barton J.P. Energy storage and its use with intermittent renewable energy / J.P. Barton, D.G. Infield // Transactions on energy conversion. – 2004. – № 19. – С. 441–448.
4. Gan L.K. Hybrid wind–photovoltaic–diesel– battery system sizing tool development using empirical approach, life-cycle cost and performance analysis: A case study in Scotland [Text] / L.K. Gan, J.K.H. Shek, M.A. Mueller // Energy Conversion and Management. – 2015. – № 106. – С. 479–494.
5. Tezera T. Evaluation of approaches used for optimization of stand-alone hybrid renewable energy systems / T. Tezera, R. Yaman, G. Yaman // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – № 73. – С. 840–863.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЕГО КОНСТРУКЦИИ

Шоназаров Эркин Базарович

ст. преподаватель,
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши

Рахимов Ганишер Бахтиёрович

ассистент,
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: ganisher.raximov@inbox.ru

INTENSIFICATION OF AIR COOLING DEVICE BY IMPROVING ITS DESIGN

Erkin Shonazarov

Senior Lecturer,
Karshi Engineering and Economic Institute,
Republic of Uzbekistan, Karshi

Ganisher Rakhimov

Assistant,
Karshi Engineering and Economic Institute,
Republic of Uzbekistan, Karshi

АННОТАЦИЯ

Во многих охлаждающих аппаратах при переработке нефти и газа процесс охлаждения осуществляется с использованием хладагента. В воздушном охлаждении процесс охлаждения осуществляется с помощью атмосферного воздуха. Аппарат воздушного охлаждения используется для охлаждения продуктов или сырья до температуры ниже 20-25 °С от атмосферного воздуха. Повысить уровень охлаждения можно, изменив конструкцию аппарата.

ABSTRACT

In many cooling devices in the processing of oil and gas, the cooling process is carried out using a refrigerant. In air cooling, the cooling process is carried out using atmospheric air. An air cooler is used to cool products or raw materials to a temperature below 20–25 °C from atmospheric air. You can increase the level of cooling by changing the design of the device.

Ключевые слова: аппарат воздушного охлаждения, охлаждающий агент, электродвигатель, лопасть, коллектор, ленточное удлинение, труба, основание, вал.

Keywords: air cooler, cooling agent, electric motor, blade, manifold, tape extension, pipe, base, shaft.

При охлаждении продуктов и сырья на предприятиях нефтегазопереработки применяются теплообменники различной конструкции. Из них чаще всего используются кожухотрубный теплообменный аппарат и аппарат воздушного охлаждения. Реализация процесса охлаждения в кожухотрубном теплообменнике осуществляется с помощью хладагента. Это требует чрезмерных затрат с экономической точки зрения. Кроме того, структура этого аппарата сложна в ремонте и очистке. Аппарат воздушного охлаждения имеет простую структуру, легко ремонтируется и очищается, недостатком является то, что

продукт или сырье не могут быть охлаждены до высоких температур [5].

Одной из актуальных проблем, стоящих перед отраслью, являются создание эффективного аппарата охлаждения продуктов и сырья на нефтегазоперерабатывающих предприятиях и устранение недостатков существующих аппаратов. В охлаждающих аппаратах, применяемых на нефтегазоперерабатывающих предприятиях, процесс охлаждения осуществляется с помощью хладагента. Для создания температуры охлаждающий агент требует дополнительных затрат, в то время как аппарат воздушного

охлаждения использует атмосферный воздух как охлаждающий агент [2].

Это наиболее распространенный способ охлаждения газа атмосферным воздухом на нефтегазоперерабатывающих предприятиях. Для этого используются различные типы аппарата воздушного охлаждения (АВО). Вентилятор с лопастями длиной 2–7 м направляет воздух снизу вверх по охлаждаемой трубе по направлению к движущемуся сырью. Для улучшения процесса теплообмена наружная поверхность труб выполнена из цветных металлов в виде ребер. При обеспечении движения лопастей АВО используются двигатели от 10 до 100 кВт. Преимущества АВО: простая конструкция, надежность, не

нужно готовить предварительно охлаждающий агент (воздух). АВО состоит из частей секции теплообмена и передающих охлаждающего агента. Передающая часть охлаждающего агента состоит из электродвигателя, лопасти, коллектора, диффузора, защитной сетки и опор. Секция теплообмена представляет собой трубу перемещения продукта, регулирующий жалюзный механизм и трубные решетки. Трубы к трубным решеткам крепятся методом развальцовки. Наверху аппарата установлен жалюзный механизм для регулировки потока воздуха. По конструкции АВО делятся на горизонтальные, вертикальные и наклонные [6].

Рисунок 1. Общий вид аппарата воздушного охлаждения

Рисунок 2. Теплообменные секции АВО

Воздушное охлаждение на нефтеперерабатывающих заводах путем изменения конструкции аппарата может повысить эффективность. Основным недостатком аппарата является то, что он не может охлаждать продукт до высокой температуры, то есть

ниже чем 20–25 °С атмосферной температуры. Благодаря устранению основного недостатка этого аппарата можно повысить эффективность работы и применения для других процессов охлаждения. Повысить эффективность работы аппарата можно следующими способами [1].

а – непосредственный; б – клиноременный; в – редуктор с параллельными валами; г – редуктор с перпендикулярными валами

Рисунок 3. Способы крепления электродвигателя с лопастями на аппарате воздушного охлаждения

Горизонтальное воздушное охлаждение может быть достигнуто путем распыления воды в верхней части аппарата для повышения эффективности аппарата. То есть, распыляя воду на аппарат, можно добиться охлаждения продукта или сырья до более высокой температуры. При этом устанавливается распределительный механизм жидкости на верхней части корпуса воздухоохладителя. То есть эффективность работы аппарата повышается, если распылять воду из верхней части движущихся продуктов в трубе, а затем нагнетать атмосферный воздух (может охлаждаться до высоких температур).

Эффективность охлаждения может быть увеличена путем распыления жидкости, но подаваемая жидкость может повредить электродвигатель. Чтобы этого не произошло, придется сдвинуть вращающиеся лопасти аппарата электродвигателя с его центральной части. То есть лопасть соединяется с

валом через ременную передачу, в которой на электродвигателе установлен шкив.

Вода, подаваемая сверху труб, по которым движется продукт, идет вниз через лопасть и коллектор. Собирая воду, которая стекает вниз, в дренажную емкость, можно образовать циркуляцию. То есть можно будет эффективно использовать воду, подаваемую сверху.

Кроме того, можно добиться ускорения процесса охлаждения, установив патрубок в междуплощадной и теплообменной части аппарата и перекачивая охлаждающий агент из внутренней части патрубка через насос.

Аппарат можно использовать для охлаждения продуктов и сырья до нижних температур с помощью атмосферного воздуха путем изменения его конструкции.

Список литературы:

1. Аппараты воздушного охлаждения горизонтальные (АВГ и 2АВГ). Руководство по эксплуатации АВГ-РЭ-2001. – Борисоглебск : ОАО «Борхиммаш», 2001.
2. ГОСТ Р 51364-99 (ИСО 6758-80) Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия. – М. : Издательство стандартов, 2000. – 30 с.
3. Каталог оборудования ООО «СпецМАШСервис».
4. Поникаров И.И. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки / И.И. Поникаров, М.Г. Гайнуллин. – М. : Химия, 2006. – 605 с.
5. Расчет гидравлического сопротивления при диффузоре и конфузоре в горизонтальной трубе / А.М. Хурмамов, Г.Б. Рахимов.
6. URL: <http://fb.ru/article/179677/apparat-vozdushnogo-ohlajdeniya-tipyi-iopisanie>.

ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОРТАТИВНЫМ РФА АНАЛИЗАТОРОМ

Спиридонов Юрий Леонидович

исследователь,

ОНРиК (Отдел научной реставрации и консервации),

Государственный Эрмитаж,

РФ, г. Санкт-Петербург

E-mail: juri.spiridonov.spb@gmail.com

LIMITS OF MEASUREMENT OF THICKNESS AND ELEMENTAL COMPOSITION WITH A PORTABLE XRF ANALYZER

Juri Spiridonov

Researcher,

ONRiK (Department of Scientific Restoration and Conservation),

State Hermitage,

Russia, St. Petersburg

АННОТАЦИЯ

Определение толщины приповерхностных слоев как и соответствующий элементный состав имеет приоритетное значение во всех областях человеческой деятельности, в которых нашли свое применение портативные РФА. Толщину находят методом подгонки спектра на основе Фундаментальных Параметров. Для вычисления толщины нужны не одна, как обычно, а две разные энергетические линии элемента; то есть необходимо, чтобы энергия второй линии была достаточной для ее регистрации встроенным в прибор приемником излучения. В настоящей статье выполнена оценка погрешности по разным осям и для разных случаев. Приведены несколько примеров вычисления толщины слоев и их составов (позолота меди, соли и оксиды серебра, слои на серебряных монетах и др.). Выявлены причины, определяющие необходимость выполнения достаточно трудоемкой процедуры подгонки. Показаны возможности использования данной программы для выполнения реставрационных работ.

ABSTRACT

Determination of the thickness of the near-surface layers, as well as the corresponding elemental composition, is of priority importance in all areas of human activity in which portable XRF have found their application. The thickness is found by a spectral fitting method based on the Fundamental Parameters. To calculate the thickness, you need not one, as usual, but two different energy lines of the element; that is, it is necessary that the energy of the second line be sufficient for its registration by the radiation detector built into the device. In this article, the error is estimated for different axes and for different cases. Several examples of calculating the thickness of layers and their compositions are given (gilding of copper, silver salts and oxides, layers on silver coins, etc.). Reasons are revealed that determine the need to perform a rather laborious fitting procedure. The possibilities of using this program to carry out restoration work are shown.

Keywords: XRF, Olympus Delta, PyMca

Ключевые слова: РФА, Олимпус Дельта, Пимка

Введение

Портативный РФА — один из тех приборов, без которых настоящие реставраторы памятников искусства не могут проработать и недели. РФА необходим, чтобы определить состав материала, наличие легкоплавких элементов, способ позолоты, метод серебрения, вид эмали, наличие или отсутствие других поверхностных слоев и др. В Лаборатории реставрации и консервации драгметаллов Государственного Эрмитажа таких приборов было два.

Портативный энергодисперсионный (ЭД) РФА также может вычислять толщину и состав некоторых поверхностных слоев. Автору известны по крайней мере два универсальные программы, которые можно применить к любому спектру любого портативного РФА: QXAS и PyMca. Программы не требуют подготовки образцов и анализируют те спектры, которые получаются, вычисляя при этом толщину слоев и элементные составы. Программное обеспечение производителя при этом не удаляется. Мы использовали PyMca, потому что в сеть выложены не только сама программа, но и калибровки для разных приборов, включая Olympus Delta [1].

Olympus Delta — портативный энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр, обычно называемый РФА-анализатором. Источник возбуждения: рентгеновская трубка мощностью 4 Вт, анод (в нашем случае) выполнен из родия, напряжение на трубке составляет 8-40 кэВ, ток 5-200 мкА. Спектральное разрешение кремниевого дрейфового детектора (SDD) с площадью 30 мм² составляет [2] 165 эВ по линии К α Мп (5897 эВ). Нижняя граница точности по оси X определяется разбиением оси X на каналы, $40000/2048 < 20$ эВ, точность метода подгонки лежит в диапазоне 20-165 эВ.

История метода РФА

Впервые описание метода РФА было опубликовано в 1928 году Глокером и Шрайбером [3], но сам прибор был создан Фридманом и Бирксом [4] только в 1948 году. В качестве детектора Фридман и Биркс использовали счетчик Гейгера и показали достаточно высокую чувствительность к атомным числам ядер элементов.

С 1960 годов в РФА начали применять вакуумную или гелевую среду для определения легких элементов, а также использовать кристаллы фторида лития для дифракции, и хромовые и родиевые рентгенофлуоресцентные трубки (источники) для возбуждения длинноволнового диапазона. В 1970 годах был изобретен кремне-литиевый дрейфовый детектор (Si(Li)), показавший достаточно высокую чувствительность без необходимости использования кристалла-анализатора, но имеющий, однако, несколько худшее энергетическое разрешение. В начале 1990-х годов американская компания разработала кремниевый стержневой полупроводниковый детектор. Этот детектор имеет ультратонкую конструкцию окна, а некоторые из детекторов оснащены усилителем отношения сигнал/шум для повышения точности. Детекторы Si-PIN [5] имеют электронное охлаждение, поэтому жидкий азот не требуется и приборы можно использовать при обычной комнатной температуре. Хотя разрешение этих систем было выше, чем у других, и составляло изначально 280 эВ, преимущества, и в первую очередь, не использование жидкого азота, сделали их обычным выбором для применения во многих РФА-анализаторах. Самой последней разработкой в системах детектирования является кремниевый дрейфовый детектор (SDD). Этот детектор, разработанный в Германии в восьмидесятые [6], имеет электрическое охлаждение, использует ультратонкое бериллиевое окно и может храниться при нормальных температурах, обеспечивая высокую эффективность и результаты для легких элементов. Разрешение этих систем обычно находится в диапазоне от 120 до 139 эВ.

Как и многие другие современные технологии, ЭД РФА сильно продвинулся вперед благодаря развитию компьютеров и операционных систем. В первоначальных версиях рентгенофлуоресцентных анализаторов использовалось встроенное ПО, которое постоянно записывалось на электронных подсказках. В середине 1980-х уже можно было купить ЭД РФА на основе DOS, поскольку системы IBM стали пользоваться большим успехом. DOS представила

ряд радикальных улучшений в ЭД РФА, включая возможность сохранять результаты на гибких и жестких дисках. Однако, основным недостатком DOS было то, что с ней должен был работать специально обученный человек.

В начале 1990-х производители РФА перешли на операционные системы Windows. Теперь любой человек с базовыми компьютерными знаниями мог научиться эффективно использовать РФА-анализаторы, повышая интерес к ЭД РФА прежде всего в задачах контроля качества. Помимо простоты обучения и навигации, ОС Windows предлагала сохранять результаты с помощью Excel и Word. Это дало операторам приборов лучшие возможности управления данными, включая статистические возможности и возможности создания отчетов. Но с этими версиями программного обеспечения оператору требовались некоторые базовые знания и о составе образца. Чтобы измерить толщину оператор вынужден был ссылаться на ранее введенную калибровочную кривую. Этот подход остается популярным, поскольку использование калибровочных кривых и эталонов обеспечивает повышенную точность измерения.

Последняя разработка программного обеспечения вылилась в форму Фундаментального Параметра [7] (ФП) для метода РФА во второй половине 1990-х годов. Это обновление оказало наибольшее влияние на повышение роли ЭД РФА в различных задачах по контролю качества. С программным обеспечением ФП системе не требовалась полная калибровочная кривая. На базе основных параметров, где сохраняются все данные, включая скорость счета и калибровочные кривые, можно получить точные результаты с очень ограниченной подготовкой или вообще без оной. Суть метода заключается в решении системы дифференциальных уравнений, связывающих интенсивность рентгеновского излучения на определенной длине волны с концентрацией элемента в пробе (и с учетом влияния остальных элементов).

Современные межпланетные аппараты оснащаются РФА спектрометрами для определения химического состава горных пород на других планетах. При наличии у небесного тела атмосферы прибор комплектуется возбудителем рентгеновского излучения, при разреженной атмосфере или её отсутствии (например Луна, Меркурий) в качестве возбудителя могут использоваться солнечные вспышки.

Погрешность подгонки

В методе подгонки требуется подобрать спектр, который менее всего отличается от оригинала, используя готовый прибор (источник и приемник) и внешний софт. Задача метода: исходя из исходных данных вычислить слои и их составы, при том, что глубина анализа составляет 15 микрон максимум.

Спектр — диаграмма, в которой ось X (ось характеристических энергий) разбита на 2048 (в нашем случае) равных интервалов, а по оси Y отложено количество фотонов, энергия которых (зарегистрированная приемником излучения) попадает в

определенный интервал (Рис. 1). Высоты (интенсивности) К, L и М линий каждого элемента связаны между собой и с глубиной анализа.

Рисунок 1. РФА спектр Образца 3.

На основе исходного спектра можно получить:

- 1) толщину и состав слоев, используя метод ФП (непосредственный метод)
- 2) похожий спектр, используя метод ФП и меняя начальные условия (подгонка)
- 3) похожий спектр, используя метод Монте-Карло (подгонка)

Первый (непосредственный) метод, на наш взгляд, не нашел широкого применения из-за малой информативности спектра. Приемлемого программного обеспечения долго не существовало и для ФП подгонки, и для подгонки по методу Монте-Карло. Ситуация изменилась лишь в 2006-09 гг. и на сегодняшний день нам известны уже две программы подгонки по ФП: QXAS, PyMca [8], а также одна программа подгонки по методу Монте-Карло: XMI-MSIM [9]. Все программы рассматривают прибор как рентгеновские источник и приемник с определенными характеристиками и строят соответствующие базовую линию, а также первичное - вторичное - третичное соударения.

Подгонкой по методу Монте-Карло нам воспользоваться нельзя из-за невысокой мощности имеющегося в распоряжении компьютера. Что касается подгонки по ФП, то еще не было случая, чтобы разные слои и их составы приводили к одинаковому спектру, но теоретически такое возможно. С другой стороны распространенных элементов основы совсем немного, особенно среди памятников искусства: железо, медь, серебро, золото, олово и алюминий. Не много и распространенных поверхностных слоев: золото, серебро, слои на серебряных монетах и внешние покрытия (лак или коррозия или что-нибудь еще). Конечное число элементов основы умноженное на конечное число покрытий дает конечное число спектров.

Толщину слоя можно определить, если выполнить подгонку одновременно по двум линиям (К и L или L и М), говоря иначе, если в слое определенного элемента много и в периодической таблице он располагается в определенных местах. Для Олимпус Дельта это соответствует примерно элементам от стронция и ниже, из металлов основы сюда попадают серебро, золото и олово.

В рассматриваемом случае (Рис 1), ширина пика на уровне половины амплитуды равна примерно 200 eV, следовательно, дисперсия σ составляет $\text{FWHM}/2,355 = 85 \text{ eV}$.

погрешность одного измерения по оси X: $\sigma = 85 \text{ eV}$

Метод точно определяет наличие или отсутствие какого-либо элемента. Например, алюминия.

положение пика по оси X: $85/\sqrt{N} = 85/\sqrt{10000} = 1 \text{ eV}$ и меньше

Поскольку ось Y логарифмическая, относительная ошибка подгонки по Y оценивается минимум как 5%, а в реальности составляет 10% и выше.

ошибка подгонки по Y: $\Delta Y/Y = 5\text{-}10\%$

Даже в случае использования в качестве образца алюминия $\Delta Y/Y$ равна 6%, в случае меди — уже 1%, а в случае серебра — 0,4%. Ошибка подгонки по оси Y существенно больше, чем ошибка по оси X.

Примеры подгонки

Всего было измерено шесть образцов. Толщину слоя можно вычислить, если основной металл образца — серебро, золото и олово. В двух первых образцах присутствует золото, в четырех остальных — серебро. Метод подгонки спектра позволяет вычислять слои, глубина которых в сплавах менее 15 мкм. Далеко не все результаты нам очевидны, в частности, непонятно, почему так мало ртути (1%) присутствует при золочении меди (Образец 1).

Образец 1 (позолоченная медь)**Таблица 1.****Состав и толщина слоев в Образце 1**

Слой	Толщина, мкм	Состав, wt%
Ртутная позолота	1,2	Au 99 + Hg 1
Медь	10 ⁴	Cu 100

Если определяется ртуть, значит мы имеем дело с одной из трех причин: либо медь позолочена с помощью ртутной амальгамы, горячей или холодной, либо ртуть осталась в золоте после очистки (амальгамация). Распространенным способом золочения является горячая ртуть, холодная (где ртуть используется как адгезив) встречается редко и непонятно, почему толщина позолоты всего 1,2 мкм, а количество ртути всего 1%.

Золочение амальгамой (огневое золочение) — это процесс, при котором на металлические поверхности наносится смесь золота и ртути. Предварительно золото измельчают до тонких пластинок или зерен, нагревают докрасна и затем бросают в ртуть, тоже нагретую, но еще не дымящуюся. Смесь перемешивают железным стержнем, пока золото полностью не абсорбируется. На этом этапе отношение ртути к золоту составляет шесть-восемь к одному. Чтобы отделить лишнюю ртуть, амальгаму, когда она остынет, продавливают через замшу. Золото остается на замше, образуя желтовато-серебристую массу с консистенцией масла, ртуть улетучивается, оставляя пленку.

Анализ огневого золочения самых разных периодов и регионов дает толщину золота от 2 до 10 мкм. Из-за диффузии золотое покрытие толщиной менее 1–2 мкм создает лишь частичное изменение цвета, толщина более 10 мкм ведет к ненужным расходам, и, как показывают эксперименты, остается неравномерной даже после полировки. Толщина сусального золочения, нанесенного с помощью холодного клея, равна толщине одного листа, что составляло в Новое Время (именно такой возраст у Образца 1) 0,1–0,4 мкм [10]. Связь золота и основы здесь тоже скорее химическая, а не механическая.

Амальгамация основана на способности металлов при смачивании их ртутью образовывать с ней сплавы (амальгамы). Амальгамию применяют для извлечения серебра, золота, платины и других металлов из руд или концентратов [11]. Отношение Hg:Au 4-15:1 оценивается при амальгамировании цельной руды. В некоторых странах можно найти соотношение 50:1 (Индонезия). Сам процесс амальгамирования высвобождает до 60% ртути в атмосферу. Для мелкозернистого аллювиального золота Hg добавляется после предварительного концентрирования. Отношение ртути к золоту составляет всего <1-2: 1.

Образец 2 (рисунок золотом по меди)**Таблица 2.****Состав и толщина слоев в Образце 2**

Слой	Толщина, мкм	Состав, wt%
Позолота	26	Au 84 - Hg 5,25 - Ag 10,5 - и т.д.
Основа	10 ³	Cu 100

Толщина позолоты здесь, наоборот, толще, чем ожидалось, что можно объяснить спецификой рисунка.

Образец 3 (серебро высокой пробы)**Таблица 3.****Состав и толщина слоев в Образце 3**

Слой	Толщина, мкм	Состав, wt%
Соли и оксиды	1	Cl 86 + Al 14
Серебро	3*10 ³	Ag 97 + Cu 2,4 + Ni 0,32 + Au 0,13 + Pb 0,14 + т.д.

Не самым очевидным в данном образце является наличие хлора (хлорид серебра) и связанное с этим побурение, а не потемнение серебра из-за серы (сульфид серебра). Реакция серебра и хлора:

протекает при температуре 150-200 °С, т.е. пусть медленно, но идет уже при комнатной температуре. Хлор может приводить к разрушению металла (т.н. охрупчиванию). Алюминий порождается источником рентгена и закрытым окном (коллиматором).

Образец 4 (серебряная монета 1)**Таблица 4.****Состав и толщина слоев в Образце 4**

Слой	Толщина, мкм	Состав, wt%
Соли и оксиды	0,8	Ca 100
Основной металл	10 ³	Cu 65 - Ag 34 - Fe 1,2 - Au 0,5 - Pb 0,3 - т.д.

Содержание серебра располагает к поверхностным слоям, но никаких слоев не обнаружено. Кальций может быть частью известняка или мела.

Образец 5 (серебряная монета 2)**Таблица 5.****Состав и толщина слоев в Образце 5**

Слой	Толщина, мкм	Состав, wt%
Соли и оксиды	0,1	Cl 100
Основной металл	10 ³	Ag 91,7 + Cu 5,9 + Au 0,92 + Pb 0,53 + т.д.

В данном образце необычным является опять же хлор. Поверхностных слоев не обнаружено.

Образец 6 (серебряная монета 3)**Таблица 6.****Состав и толщина слоев в Образце 6**

Слой	Толщина, мкм	Состав, wt%
Слой 1	3	Ag 85 - Cu 14
Слой 2	3	Ag 81 - Cu 18
Слой 3	10 ³	Ag 63 - Cu 29

В образце 6 (серебряная монета) наконец удалось вычислить слои. Наличие или отсутствие слоев определяется по несоответствию или соответствию высот линий KL3 и KN2, KN3 (рис.2). Луч рентгена (РФА и не только) — это пучок фотонов определенной энергии и метод подгонки не регистрирует плотность материала, что было бы желательно для серебряных монет.

Три причины использовать метод подгонки

Можно определить три основные причины использования метода подгонки спектра. Метод позволяет оценить:

- состав и толщину поверхностных слоев (включая коррозию и эмаль)
- позолоту, ее толщину и, иногда, метод золочения
- слои на серебряных монетах

Рассмотрим эти причины подробнее, начиная с первой — определение состава и толщины поверхностных слоев. Метод подгонки может определить, например, все основные составные части эмали (или стекла), а именно — бром, кремний и свинец — и тем самым вычислить тип эмали (стекла), а иногда и ее (его) возраст. Метод подгонки позволяет ответить

на вопрос: это сульфид или хлорид серебра. Вместе с тем РФА спектр совершенно никак не зависит от морфологии и плотности. Например, ЭД электронного микроскопа может найти соотношение серебра и серы (2 : 1), но естественное оно или искусственное можно определить только по фотографиям электронного микроскопа.

Рассмотрим пример с позолотой. С помощью РФА спектра можно вычислить толщину слоя позолоты, а в некоторых случаях и метод золочения. Если под слоем золота есть слой свинца и олова, то позолота выполнена с помощью мягкого припоя [9]. Если под слоем позолоты есть слой меди и серебра, то позолота сделана с помощью твердого припоя. Наличие ртути означает, что позолота выполнена с помощью ртутной амальгамы. Если же не обнаруживается ничего, кроме металла основы, то значит, что был использован один из следующих методов золочения: сусальное золочение, золочение истощением, золочение диффузированием, золочение с помощью гальваники, золочение посредством напыления. При анализе античной статуи, покрытой сусальным золотом, метод подгонки спектра определил бы толщину позолоты (количество золота в микронах) и состав свинцовистой бронзы под ним.

Анализ диадемы позволил бы определить толщину золотого покрытия и состав сплава золото-серебро-медь. Спектры железной нецке вычислили бы золото и без РФА в электронном микроскопе, и, причем, точнее.

Последний пример относится к серебряным монетам. Серебряно-медные монеты — это дендриты меди и застывшее между ними серебро. Характерный размер дендритов — около 100 мкм, соответственно, средний состав сплава может быть измерен на площади в единицы миллиметров. Какое-то количество металлов растворяется друг в друге. Растворимость меди в серебре при 779° С (температура эвтектики) равна 8,8 wt% [13], растворимость серебра в меди при 779° С — 8,0 wt%.

На особенности обогащения поверхностного слоя на монетах обращали внимание многие. Еще в 1960 году Холл [14] писал: “Причина обогащения неясна. Кажется вероятным, что менее благородный металл выщелачивается в течение сотен лет при захоронении во влажной почве, но это осложняется эффектами диффузии внутри самой монеты”. Время в секундах за 2000 лет составляет $2000 \cdot 364 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 62\,899\,200\,000 = 6.3 \cdot 10^{10}$ сек, диффузию можно и нужно учитывать. В 19 веке время стало бы меньше всего на порядок (10^9).

Слои с разным составом серебра на серебряных монетах регистрируются далеко не всегда. РФА спектр позволяет измерить состав на глубину 10-15 микрон от поверхности, а на такой глубине никаких

слоев может и не быть. Наличие слоев, можно идентифицировать по несоответствию высот линий KL3 и KN2, KN3 (Таблица 6). Если слои существуют, то общее количество серебра Ag составляет: $Ag = Ag_{\text{bulk}} + Ag_{\text{surface}}$, причем поверхностный слой Ag_{surface} занимает максимум $\sim 300 \text{ мкм}^3 / \text{мм} = 10\%$ серебра, что существенно меньше, чем возможная разница в составах монет.

Д.Уокер [15] в середине 1970-х годов занимался оценкой сплава 5000 римских монет с помощью РФА, результаты его исследований опубликованы в трех монографиях. Как заметил М.Пойнтинг [16], измерения Уокера могут отличаться от реальности на десятки процентов. Сам М.Пойнтинг сверлил монеты сбоку (с гурта, если он был) и исследовал стружки.

В 2004 годах вышла статья Л.Бек и К [17], в которой поверхностному составу сопоставляется процентное содержание серебра в диаграмме сплава. Бек и К построили экспериментальную кривую (Рис. 3, синим) и предложили свое объяснение явлению: доли серебра на поверхности соответствуют долям из диаграммы серебро-медь: 92%, 72% и 18%, потому что это, как пишет Бек и К, “равновесная структура” (equilibrium conditions). На диаграмме (Рис. 3) также показано экспериментальное измеренное значение двух составов серебра (core & surface) из работы Хрнича и К [18], которое не укладываются в трактовку данного явления, предложенного Бек и К.

Рисунок 3. Экспериментальная кривая Л.Бек и К (синия) и содержание серебра в core и surface из статьи Хрнича (красный треугольник)

Ни диаграмма сплава, ни диффузия пока не дают полного объяснения. Можно лишь доказать на большом количестве примеров, что содержание серебра на поверхности больше, чем содержание серебра внутри (кривая изогнута вверх от прямой $x=y$). РФА

определяет слои с повышенным содержанием серебра только на самой поверхности ($< 15 \text{ мкм}$), но определяет с точностью до нескольких процентов элементного состава. Если в спектре РФА слоев нет совсем, нужно или проводить новое исследование, или искать какое-либо другое утверждение.

В настоящее время выпускается великое множество сплавов серебра и меди в любой взаимной пропорции, но нам известно про самостоятельное название лишь двух из них: Стерлинг (92,5; 7,5) и Сибуити^[9] (25; 75). Цвет сплавов серебра и меди меняется: от металлик (100% серебро) через белесый и красноватый (примерно середина) до медно-красного (100% медь).

В заключение отметим, что программное обеспечение PyMca используется в различных научных центрах по всему миру. Например, в статье [19] с помощью PyMca рассчитана толщина ртутной позолоты на серебро-медной основе. Отмечается, что самое сложное — основа бесконечной толщины, поскольку сам метод конечный (как и в нашем случае). Первый доклад о PyMca было сделано на конференции не по физике, по языку Python (Python Multichannel Analyzer). PyMca разработана группой программного обеспечения ESRF (Европейский синхротрон) и обычно представляется Армандо Соле [20]. Мона Лиза на логотипе объясняется тем, что “the support of multilayered samples and of X-ray tubes was greatly influenced by the use of PyMca by the Centre de Recherche et Restauration des Musées de France (C2RMF) to analyze X-ray spectra obtained from that masterpiece”, — умению анализировать

многослойные образцы программа обязана Центру исследований и реставрации музеев Франции и Моне Лизе лично.

Выводы

Многие портативные РФА позволяют рассчитывать лишь элементный состав заранее подготовленного пеллета, хотя используя другой метод — метод подгонки — могли бы считать и больше, и с хорошей погрешностью. Кроме известных ограничений РФА (учитываются элементы $\geq Al$ и сам метод поверхностный) у подгонки есть свои ограничения: 1) результат зависит от качества (что измеряется погрешностью), 2) толщину слоя можно измерить там, где металлами основы являются серебро, золото или олово. Но и с учетом этих ограничений указанный метод хорошо себя зарекомендовал, например, при определении толщины позолоты, определения слоев на серебряных монетах, а также других поверхностных слоев. Широкое применение данного метода подгонки РФА требует дополнительного развития соответствующего программного обеспечения и подготовки специалистов в данной области анализа.

Список литературы:

1. Charmed Pymca, <http://www.getty.edu/museum/conservation/papers/pymca.html>, (дата обращения 29.04.21)
2. User manual “Delta™ Family: Handheld XRF Analyzers”, [https://www.olympus-ims.com/ru/downloads/detail/?0\[downloads\]\[id\]=276828278](https://www.olympus-ims.com/ru/downloads/detail/?0[downloads][id]=276828278), (дата обращения 29.04.21)
3. Glocker R., Schreiber H. Quantitative Röntgenspektroanalyse mit Kalterregung des Spektrums // *Annalen der Physik*. 1928. № 8 (390). С. 1089–1102. DOI: 10.1002/andp.19283900805
4. Friedman, H., Birks, L.S., 1948. A Geiger Counter Spectrometer for X-Ray Fluorescence Analysis. *Review of Scientific Instruments* 19, 323–330. <https://doi.org/10.1063/1.1741258>
5. Dalla Betta G.F. и др. Si-PIN X-ray detector technology // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*. 1997. Т. 395. № 3. С. 344–348.
6. Gatti, E., Rehak, P., 1984. Semiconductor drift chamber — An application of a novel charge transport scheme. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* 225, 608–614. [https://doi.org/10.1016/0167-5087\(84\)90113-3](https://doi.org/10.1016/0167-5087(84)90113-3)
7. Kawai J., Yamasaki K., Tanaka R. Fundamental Parameter Method in X-Ray Fluorescence Analysis // *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. 2019. С. 1–14. doi 10.1002/9780470027318.a9666
8. Solé, V.A., Papillon, E., Cotte, M., Walter, Ph., Susini, J., 2007. A multiplatform code for the analysis of energy-dispersive X-ray fluorescence spectra. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 62, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2006.12.002>.
9. XMI-MSIM The definitive manual, <http://lvserv.ugent.be/xmi-msim/xmi-msim-manual.pdf>, (дата обращения 29.04.21).
10. Anheuser, K. (1997). The practice and characterization of historic fire gilding techniques. *JOM*, 49(11), 58–62. <https://doi.org/10.1007/s11837-997-0015-6>
11. Lacerda L.D., & Salomons, W. (1998). The Use of Mercury Amalgamation in Gold and Silver Mining. In *Mercury from Gold and Silver Mining: A Chemical Time Bomb?* (pp. 1–13). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-58793-1_1.
12. James T.G. H. Gold technology in ancient Egypt // *Gold Bull*. 1972. Т. 5. № 2. С. 38–42.
13. Hansen, Max, Rodney P. Elliott, and Francis A. Shunk. *Constitution of binary alloys*. New York: McGraw-Hill, 1958, ISBN 978-0931690181
14. Hall E.T. X-Ray Fluorescent Analysis Applied To Archaeology // *Archaeometry*. 1960. № 1 (3). С. 29–35. doi: 10.1111/j.1475-4754.1960.tb00514.x
15. Walker D.R. *The metrology of the Roman silver coinage*. Oxford: British Archaeological Reports. 1977, ISBN 9780904531688

16. Butcher K., Ponting M., Evans J., Pashley V. and Somerfield C. (2014). The Metallurgy of Roman Silver Coinage : From the Reform of Nero to the Reform of Trajan. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
17. Beck L. [и др.]. Silver surface enrichment of silver–copper alloys: a limitation for the analysis of ancient silver coins by surface techniques // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. 2004. № 1–2 (226). С. 153–162. doi 10.1016/j.nimb.2004.06.044
18. Hrnjić M. [и др.]. Non-destructive identification of surface enrichment and trace element fractionation in ancient silver coins // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. 2020. (478). С. 11–20. doi 10.1016/j.nimb.2020.05.019
19. Campanella, L., Ferretti, M., Polese, C., García, C.R., Sabatini, I., 2013. Non-destructive Approach to Multilayer Objects: XRF Analysis of Gilt and Enamelled Metals of the Medieval Cross of Rosciolo. Procedia Chemistry 8, 284–291. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2013.03.035>
20. Viguerie L. de, Sole V.A., Walter P. Multilayers quantitative X-ray fluorescence analysis applied to easel paintings // Anal Bioanal Chem. 2009. Т. 395. № 7. С. 2015–2020.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научный журнал

**UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№ 5(86)
Май 2021

Часть 5

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

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

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