UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

Выпуск: 1(82)

Январь 2021

Часть 3

**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;

Звезда 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;

Мартышкин Алексей Иванович, канд. техн. наук;

Мерганов Аваз Мирсултанович, канд. техн. наук;

Серегин Андрей Алексеевич, 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. – № 1(82). Часть 3.
М., Изд. «МЦНО», 2021. – 44 с. – Электрон. версия печ. публ. –
<http://7universum.com/ru/tech/archive/category/182>

ISSN : 2311-5122

DOI: 10.32743/UniTech.2021.82.1-3

Учредитель и издатель: ООО «МЦНО»

ББК 3

© ООО «МЦНО», 2021 г.

Содержание

Электроника	4
ЭПР СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	4
Камалова Дилнавоз Ихтиёровна Умаров Абдусалом Вахитович Негматов Сайибжан Садыкович	
Электротехника	7
РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА УСТРОЙСТВА ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЗЛА СВЯЗИ НА БАЗЕ АППАРАТНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO	7
Карун Давыд Петрович Тезин Александр Васильевич	
Энергетика	13
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАТУШЕК ТИХОХОДНОГО ГЕНЕРАТОРА С ИЗМЕНЯЕМОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ	13
Закиев Денис Даутказыевич Маргин Андрей Николаевич Крутских Николай Алексеевич Алибеков Сергей Якубович Стародубцева Ольга Николаевна	
РЕГУЛИРОВАНИЕ АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ синхронного генератора при подключении к сети	21
Исмоилов Иброхимжон Келдибоевич Халилова Феруза Абдулвосиевна	
ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ К МНОЖЕСТВЕННЫМ ПРОЦЕССАМ	26
Нишанов Хусан Мойдинжанович Абдурахимов Абдулатиф Умурзакович Икрамов Авазбек	
Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение	29
ИССЛЕДОВАНИЕ АДсорбции натриевых солей жирных кислот на ткани	29
Саидвалиев Саидазим Сайдиамирханович Мажидов Кахрамон Халимович	
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА СОИ	36
Хамроева Маргуба Комиловна Сабилова Наргиза Нусратовна	
ИЗНОС РАБОЧИХ ЛОПАТОК ДЫМОСОСОВ И УПРОЧНЯЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ для повышения износостойкости	39
Эргашев Махмуд Саъдуллаев Зарип Шарипович Рауфов Лазизбек Мухиджон угли Ходжибекова Шохида Миродиловна	

ЭЛЕКТРОНИКА

ЭПР СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ*Камалова Дилнавоз Ихтиёровна**PhD по техническим наукам,
Навоийский государственный педагогический институт,
Республика Узбекистан, г. Навои
E-mail: kamalova.di@mail.ru**Умаров Абдусалом Вахитович**д-р. техн. наук, профессор,
Ташкентский государственный транспортный университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент**Негматов Сайибжан Садыкович**академик АН Республики Узбекистан,
д-р. техн. наук, профессор, ГУП "Фан ва тараққиёт",
Ташкентский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент*

EPR SPECTROSCOPIC STUDY OF COMPOSITE POLYMER MATERIALS

*Dilnavoz Kamalova**PhD in technical sciences,
Navoi state pedagogical institute,
Republic of Uzbekistan, Navoi**Abdusalom Umarov**Doctor of technical sciences, professor,
Tashkent state transport university,
Republic of Uzbekistan, Tashkent**Sayibjan Negmatov**Academician of the AS RepUz, doctor of technical sciences, professor,
SUE "Fan va tarakkiyot", Tashkent state technical university,
Republic of Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается ЭПР спектроскопическое исследование структуры композитов на основе полистирола и каолина. А также, координационные связи между полистиролом и каолином.

ABSTRACT

This article discusses the EPR spectroscopic study of the structure of composites based on polystyrene and kaolin. And also, coordination bonds between polystyrene and kaolin.

Ключевые слова: полистирол, каолин, ЭПР спектроскопия, спектр, структура, полимер, композит.
Keywords: polystyrene, kaolin, EPR spectroscopy, spectrum, structure, polymer, composite.

Введение. Известно, что многие наполнители, в том числе каолин, позволяют сократить расход связующих материалов и удешевить пластмассу, причем при этом могут повыситься механическая прочность и некоторые диэлектрические характеристики

композитов. Известно также еще со времен начала 70-х годов научная концепция, согласно которой наполнители, обычно механически смешиваясь с остальными компонентами, не вступают с ними в химическое взаимодействие.

Объект и методика исследования. В данной работе с помощью структурных исследований спектроскопическими способами ЭПР наполненных каолином композитов ПС (полистирола) будут показаны:

Во-первых, вопреки устранившимся представлениям образование химической связи между компонентами композитов в их МФС (межфазных слоях);

Во-вторых, будут проанализированы новые магнитные свойства, проявляемые этими композитами.

Последнее обстоятельство является очень важным фактом, так как современная магнитотехника нуждается в новых нетрадиционных материалах с управляемыми свойствами. Сам факт о возможности приобретения сколь ни будь магнетизма в ПС пленках после наполнения каолином не является удивительным. Дело в том, что в каолине, являющемся силикатом алюминия, всегда присутствуют примеси, обладающие в более или меньшей степени

магнетизмом, например, оксид железа, силикаты кальция и магния и др. Для нас важно было другое, можно ли варьируя технологией приготовления композитов целенаправленно управлять магнитным состояниемготавливаемых материалов. В нашем конкретном случае в качестве диспергации частичек каолина в связующей среде ПС выбрана – ультразвуковая диспергация в течение определенного времени в растворе полимера в бензоле с последующим горячим прессованием смешанных компонентов [1].

Анализ структурных и макросвойств, полученных таким путем композитов, удобно начинать с интерпретации ЭПР спектроскопических исследований. Результат по ЭПР исследованию на воздухе при комнатной температуре для ПС, наполненный каолином в количестве $V_1=0,06$ представлен на рисунке 1. Результаты экспериментальных и расчетных данных парамагнитных параметров для этого и других композитов представлены в таблице 1.

Рисунок 1. Спектр ЭПР композита ПС+каолин (0,06)

Как видно из рисунка 1 на фоне общего и достаточно широкого ($\Delta H_{pp}=800$ Э) сигнала выделяются два самостоятельных и очень разных по ширине ($\Delta H_{pp}=320$ Э и $\Delta H_{pp}=20$ Э) синглетных сигнала. Судя по большой ширине, по значению резонирующего магнитного поля ($H_{0x}=3048$ Э) и согласно тому факту, что количества ПМЦ (парамагнитных центров) именно от этого сигнала имеют прямую корреляцию с концентрацией наполнителя, можно предположить неорганическую природу ПМЦ ответственного за сигнал с $\Delta H_{pp}=320$ Э. Тогда как сигнал с $\Delta H_{pp}=20$ Э с резонирующим магнитным полем ($H_{0x}=3048$ Э) скорее имеет органическую природу. В пользу такого предположения можно отнести также факт уменьшения количества ПМЦ с ростом содержания наполнителя V_1 (табл.1). Сигнал органического происхождения не меняет свою ширину линии ЭПР с изменением количества наполнителя, что дает основание предполагать одинаковую для всех исследованных композитов природу ПМЦ от этого компонента. Убывание H_{pp} и рост с увеличением концентрации наполнителя можно трактовать в пользу о возможности наличия определенной связи между этими отдельными ПМЦ [1; 49 стр].

Сапфир (Al_2O_3) или же окись кремния (SiO_2) сами по себе ответственными за левую компоненту

сигнала ЭПР в наших экспериментах быть не могут. Скорее всего ответственными за проявление этой компоненты сигнала ЭПР является Fe_3^{+} потому что именно валентное железо может давать столь широкую линию ЭПР при комнатной температуре [2; 109 стр]. Если это действительно так, то далее очень важно выяснение вопроса о том, что в окружении какой среды сигналит это железо. Сопоставительный анализ наших результатов показывает следующий результат. Этот сигнал не является следствием проявления парамагнетизма Fe_3^{+} , ни в окружении Si и ни в SiO_2 . Первое возможно при СВЧ 8,4 ГГц только при температуре 2°K. Согласно [3; 672 стр] Fe_3^{+} в SiO_2 при комнатной температуре проявляет сигнал ЭПР с двумя характерными спин-гамилтонианами, тогда как со всех наших экспериментов выделяется лишь один спин-гамилтониан. Далее, левая компонента общего сигнала ЭПР композитов не может быть следствием парамагнетизма ни в окружении, только Al_2O_3 и ни при каком сочетании, только Fe:Al. Согласно исследованиям сигналы ЭПР при следующих сочетаниях Fe:Al=80; 200 и 300 проявляется лишь при очень низких – 4°K; 90°K и 20°K температурах. Fe_3^{+} в природном сапфире при комнатной температуре проявляет сигнал ЭПР с двумя спин-гамилтонианами ни один из которых не соответствует данным

из наших экспериментов (табл.1). Этот сигнал также не является следствием Fe_3^+ в TiO_2 (может иметься в составе каолина в пределах 0,4-1,2%), потому что в таком сочетании сигнал ЭПР имеет три спин-гамильтониана, ни один из которых не соответствует нашим данным. И наконец, этот сигнал не может

быть следствием Fe_3^+ в CaO (может иметься в составе каолина в пределах около 0,8%), так как сигнал ЭПР от такой комбинации должен проявляться при температуре жидкого азота 77°K или при еще низких температурах, например, при 20°K.

Таблица 1.

Концентрационная зависимость некоторых парамагнитных параметров композитов ПС+каолин

V_1	a , Э	D , МГц	D , см^{-1}	ΔH_{PP} , Э	ΔH_{PP1} , Э	ΔH_{PP2} , Э	$(Im'/m)_1$	$(Im'/m)_2$
0,02	945	2646	0,0882	1250	550	20	1,05	1,85
0,04	450	1260	0,042	800	300	20	1,04	1,45
0,06	410	1148	0,0382	800	320	20	2,33	1,46
0,08	467	1307,6	0,0435	720	400	20	5,9	1,05

Спиновый-гамильтониан 0,0882 см^{-1} от нашего эксперимента для случая ПС с каолином $V_1=0,02$ практически совпадает с 0,083 см^{-1} Fe_3^+ в $\text{Al}[(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{CH}_3]_3$ при комнатной температуре.

Вывод. Если такое совпадение не случайное событие, то оно может:

Во-первых, указывать на столь существенные с точки зрения образования новых соединений, события, которые происходят за счет ультразвукового диспергирования частичек наполнителя в связующей среде ПС;

Во-вторых, стать спорной точкой для дальнейшего объяснения всех структурных особенностей, вытекающих из экспериментов ЭПР этих композитов.

Список литературы:

1. Камалова Д.И., Негматов С.С. Электронно-микроскопическое и ИК, ЭПР спектроскопическое исследование структуры системы ПВДФ+сажа (0,02). «Universum: технические науки». Россия. 2017. №11(44). 49-52 стр.
2. Камалова Д.И. Исследование концентрационной зависимости ширины сигнала ЭПР. «Инновационные технологии в образовательном процессе» XV общероссийская научно-методическая конференция с международным участием. Россия, Курск. 8-декабрь, 2017. 109-112 стр.
3. Альтшулер С.А., Козырев Б.М. Электронный парамагнитный резонанс. М. Наука. 1992. 672 стр.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА УСТРОЙСТВА ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ
БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УЗЛА СВЯЗИ
НА БАЗЕ АППАРАТНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO*Карун Давыд Петрович**курсант,
Академия ФСО России,
РФ, г. Орёл
E-mail: karun99@mail.ru**Тезин Александр Васильевич**канд. техн. наук, доцент,
Академия ФСО России,
РФ, г. Орёл
E-mail: tav5909@mail.ru*DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE DEVICE FOR ENSURING UNINTERRUPTED POWER
SUPPLY TO A COMMUNICATION NODE BASED ON THE ARDUINO HARDWARE*Davyd Karun**Cadet
Academy of Federal Security Service of Russia,
Russian Federation, Oryol**Alexander Tezin**Candidate of Technical Sciences, docent,
Academy of Federal Security Service of Russia,
Russian Federation, Oryol*

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматриваются различные категории электроснабжения электроприемников. Подробно описываются микроконтроллеры платформы Arduino, их достоинства и недостатки. Сравниваются различные подходы построения переключателей нагрузки в разрабатываемом устройстве. Приводится схема прототипа устройства по обеспечению бесперебойного электроснабжения узла связи, подробно рассказывается о технических характеристиках его компонентов. Также в данной статье рассматривается фрагмент программного кода, написанного в Arduino IDE, для разрабатываемого прототипа устройства.

ABSTRACT

In this article, various categories of power supply for electric receivers are considered. Microcontrollers of the Arduino platform, their advantages and disadvantages are described in detail. Various approaches to constructing load switches in the device under development are compared. The diagram of the prototype device for ensuring uninterrupted power supply to the communication node is given, and the technical characteristics of its components are described in detail. This article also discusses a fragment of program code written in the Arduino IDE for the device prototype being developed.

Ключевые слова: платформа Arduino Mega 2560, АБР, переключатели нагрузки, узел связи, бесперебойное электроснабжение, Arduino IDE.

Keywords: platform Arduino Mega 2560, automatic activation of the reserve, load switches, communication node, uninterrupted power supply, Arduino IDE.

При построении узлов связи важным аспектом является обеспечение их необходимым электро-снабжением.

В соответствии с приказом Министерства информационных технологий и связи РФ от 13 марта 2007 г. № 32 средства связи сети связи общего пользования,

Библиографическое описание: Карун Д.П., Тезин А.В. Разработка прототипа устройства по обеспечению бесперебойного электроснабжения узла связи на базе аппаратно-вычислительной платформы Arduino // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2021. 1(82). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11166> (дата обращения: 25.01.2021).

выполняющие функции систем коммутации и являющиеся электроприемниками разделяют на три категории [1]:

1) Электроприемники I категории, в которых перерыв электроснабжения может привести к опасности для жизни людей. Здесь может выделяться особая группа I категории надёжности.

2) Электроприемники II категории, в которых перерыв электроснабжения может привести к массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта.

3) Электроприемники III категории - все остальные электроприемники, не приводящие к такому ущербу, как в I и II категории.

Электроснабжение I категории в нормальном режиме осуществляется от двух независимых взаимно резервирующих источников электропитания электрических сетей с применением автоматического ввода резерва (АВР) для обеспечения бесперебойности. Одним из возможных подходов по созданию АВР может быть использование аппаратно-вычислительной платформы Arduino в качестве головного устройства и силовой части в качестве переключателя нагрузки, что и будет рассмотрено в данной статье. Для особой же группы I категории применяется третий независимый источник электропитания, в качестве которого может использоваться автоматизированная дизельная электрическая станция (АДЭС). Также для обеспечения бесперебойности электроснабжения на время переключения с одного источника электропитания на другой могут применяться аккумуляторные батареи с расчётным временем разряда не менее 8 часов.

Далее будем считать, что узел связи относится к особой группе I категории надёжности, а остальные категории электроснабжения в данной статье рассмотрены не будут.

Для разрабатываемого прототипа устройства будет использоваться платформа Arduino, поэтому рассмотрим ее достоинства и недостатки.

Основные преимущества платформы Arduino:

1. Низкая стоимость – платы Arduino стоят значительно дешевле в сравнении с другими аналогичными платформами.

2. Кросс-платформенность – программное обеспечение (ПО) Arduino может функционировать под ПО Linux, Windows, Macintosh OSX.

3. Простая и понятная среда программирования – среда Arduino IDE подходит как для начинающих, так и для опытных специалистов.

4. Питание платы Arduino, ее программирование и обмен сообщениями с ней осуществляется с использованием всего одного USB кабеля.

Недостатки платформы Arduino:

1. Нет простого способа регулирования тактовой частоты.

2. Платформа Arduino обладает достаточно скромными возможностями для реализации сложных проектов в плане оперативной (энергозависимой) памяти SRAM.

Из всего выше сказанного можно сделать вывод, что платформа Arduino является подходящей для реализации разрабатываемого прототипа устройства. Теперь определимся с выбором конкретной платы Arduino. Наиболее популярными моделями являются:

1) Arduino Uno (стандартный размер, 20 входов-выходов);

2) Arduino Nano (уменьшенный размер, 22 входа-выхода);

3) Arduino Mini (еще более уменьшенный размер, 20 входов-выходов).

4) Arduino Mega 2560 (увеличенный размер, 70 входов-выходов) [2].

Основные технические характеристики плат Arduino представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные технические характеристики плат Arduino

Плата Arduino	Рабочее Напряжение (В)	Цифровые входы/выходы	Выходы с ШИМ	Аналоговые входы/выходы	Flash-память (КБ)	Оперативная память (КБ)	Тактовая частота (МГц)
Uno	5	14	6	6	32	2	16
Nano	5	14	6	8	32	2	16
Mega	5	54	14	16	256	8	16
Mini	5	14	6	6	32	2	16

Анализ основных технических характеристик (таблица 1) показал, что для разработки прототипа устройства по обеспечению бесперебойного электроснабжения узла связи лучше всего подходит

плата Arduino Mega 2560, благодаря наличию большого количества цифровых и аналоговых входов/выходов, а также хорошим ёмкостным характеристикам. На рисунке 1 представлен внешний вид платы Arduino Mega 2560.

Рисунок 1. Плата Arduino Mega 2560

Для разработки прототипа устройства по обеспечению бесперебойного электроснабжения узла связи помимо микроконтроллера необходимо подключение силовой части (переключателей нагрузки). Проведенный анализ показал, что основными вариантами их исполнения являются:

1) Тиристорный (электронный) АВР, в котором используются статические переключатели нагрузки, а именно мощные тиристоры, обеспечивающие минимальное время переключения между вводами.

Преимущества:

1. Быстрое переключение.
 2. Переключение между вводами никак не сказывается на электроснабжении потребителей электроэнергии.

Недостатки:

Основным недостатком является очень высокая стоимость.

2) Электромеханический АВР на контакторах, в котором применяются контакторы с взаимной электрической и электромеханической блокировкой совместно с реле контроля фаз.

Преимущества:

1. Дешевизна.
 2. Возможность выполнения защитных функций (высокий ток, короткое замыкание).

Недостатки:

Основным недостатком является не такое быстрое переключение по сравнению с тиристорным АВР (от 16 до 120 мс).

3) Электромеханический АВР на управляемых переключателях с электроприводом, в основе которого лежит использование рубильника с приводом, управляемым контроллером.

Преимущества:

1. Высокая ремонтпригодность.
 2. Возможность замены моторного привода или контроллера без демонтажа щита АВР.

Недостатки:

1. Относительно высокая стоимость.
 2. Отсутствие защитных функций.
 4) Электромеханический АВР на автоматических выключателях с электроприводом.

Благодаря своим достоинствам, а также незначительным недостаткам, в разрабатываемом прототипе устройства будет использоваться электромеханическое АВР на контакторах. Только вместо реле контроля фаз воспользуемся обычными реле, которые будут в зависимости от наличия напряжения на своих управляющих контактах, замыкать цепь прохождения сигналов управления от драйвера мотора. Осуществляется это для упрощения общей схемы щита, но при необходимости возможно использование реле контроля фаз для той же функции, но с возможностью регулирования напряжения, частоты, временных задержек на перевод нагрузки. Также для предотвращения одновременной подачи электропитания с нескольких вводов можно применять механическую блокировку.

С учетом выбранного микроконтроллера и переключателя силовой нагрузки общая схема устройства по обеспечению бесперебойного электроснабжения узла связи на базе аппаратно-вычислительной платформы Arduino будет иметь вид, представленный на рисунке 2.

Рисунок 2. Общая схема устройства по обеспечению бесперебойного электроснабжения узла связи на базе аппаратно-вычислительной платформы Arduino

Проведем краткий обзор комплектующих данного устройства.

Драйвер L298N (рисунок 3) применяется для многофункционального управления двигателями постоянного тока. В нашем устройстве он осуществляет

подачу сигналов на командные входы, выполненные в виде штыревых контактов, которые будут подключены через реле к входам Arduino. А также он осуществляет питание микроконтроллера и релейного модуля [4].

Рисунок 3. Драйвер L298N

Основные технические характеристики драйвера L298N:

- Напряжение питания логики: 5V;

- Потребляемый логикой ток: 36mA;
- Рабочий ток драйвера: 2A.

Электромеханическое реле (рисунок 4)

Рисунок 4. Электромеханическое реле

Основные технические характеристики электро-механического реле:

- Контрольное напряжение: 220-240В переменного тока.
- Контактная нагрузка 5А.

RelayModule-5V-8 (рисунок 5) - это восьмиканальный модуль реле на 5В, управляемый с помощью контролера Arduino. Релейный модуль позволяет прибору с питанием 5 В управлять нагрузкой под переменным напряжением 220 В. Релейный модуль

RelayModule-5V-8 имеет 8 каналов управления, каждый управляется своим входным сигналом. Входные части схем каналов имеют общее питание 5 В [3].

Технические характеристики RelayModule-5V-8:

- Напряжение питания: 5 В;
- Потребляемый ток: 15 мА - 20 мА;
- Номинальный ток нагрузки: 10 А;

Питание релейного модуля осуществляется или от управляющего устройства, или от внешних источников питания (блоков питания, батарей).

Рисунок 5. RelayModule-5V-8

Регулятор напряжения TENSTAR ROBOT XL6009 DC-DC (рисунок 6)

Рисунок 6. Регулятор напряжения TENSTAR ROBOT XL6009 DC-DC

Основные технические характеристики регулятора напряжения:

- Входное напряжение: 5... 35В;
- Максимальный выходной ток: 4А.

В качестве управляющего элемента разработанного прототипа используется плата Arduino Mega 2560, для которой написан программный код, фрагмент которого представлен на рисунке 7.

```

prototip_electro.ino | Arduino 1.8.5
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь

#include <GSM.h>
#include <SPI.h>

const int analogPin = 3;    // номер порта к которому подключен переключатель "ручной" и "автостаус"

const int ledPin_4 = 3;     // номер порта к которому подключен зеленый диод

const int ledPin_13 = 13;   // номер порта к которому подключен авария диод

const int ton = 6;         // номер порта к которому подключена пищалка

const int city1 = 2;       // напряжение из города 1

const int city2 = 11;      // напряжение из города 2

const int he_voltage = 4;  //напряжение на генераторе

const int starter_relay = 5;    //реле стартера
const int on_city2 = 12; // включение 2 источника из города
const int off_city2 = 0; // выключение 2 источника из города
const int run_on = 7;         // флажок Run в положение включить

const int magnetic = 8;      // включает пускатель

const int disconnection = 9; //реле размыкания зажигания

const int magnetic_of = 10;   // выключает пускатель

// задаю переменные

Компиляция завершена
Скетч использует 12986 байт (40%) памяти устройства. Всего доступно 32256 байт.
Глобальные переменные используют 820 байт (40%) динамической памяти, оставляя 1228 байт для локальных переменных
  
```

Рисунок 7. Фрагмент скетча для разработанного устройства в программной среде Arduino IDE

Таким образом, с использованием микроконтроллера Arduino Mega 2560 и переключателей нагрузки, выполненных на базе контакторов и электромеханических реле, разработано недорогое и

надежное устройство, позволяющее переключать питание автоматически и бесперебойно с разных вводов, что сейчас очень востребовано на узлах связи.

Список литературы:

1. Россети центр / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.mrsk-1.ru/customers/services/additional/faq/category/>
2. Arduinoplus / [Электронный ресурс]. –Режим доступа: URL: <https://arduinoplus.ru/mikronontroller-arduino/>
3. Robot-kit / [Электронный ресурс]. – Режим доступа:URL: <https://robot-kit.ru/3297/>
4. 3D-DIY / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/drayver-dvigatelya-l298n/>

ЭНЕРГЕТИКА**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАТУШЕК ТИХОХОДНОГО ГЕНЕРАТОРА
С ИЗМЕНЯЕМОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ****Закиев Денис Даутказыевич**

инженер, аспирант,
Поволжский Государственный Технологический Университет,
РФ, г. Йошкар-Ола,
E-mail: flexibel@mail.ru

Маргин Андрей Николаевич

магистрант,
Поволжский Государственный Технологический Университет,
РФ, г. Йошкар-Ола,
E-mail: margin.andrey@gmail.com

Крутских Николай Алексеевич

канд. техн. наук, доцент,
Поволжский Государственный Технологический Университет,
РФ, г. Йошкар-Ола,
E-mail: lpkrut@mail.ru

Алибеков Сергей Якубович

Д-р. техн. наук, профессор,
Поволжский Государственный Технологический Университет,
РФ, г. Йошкар-Ола,
E-mail: AlibekovSY@volgatech.net

Стародубцева Ольга Николаевна

учебный мастер, аспирант,
Поволжский Государственный Технологический Университет,
РФ, г. Йошкар-Ола,
E-mail: olga.starodubczewa@ya.ru

**RESEARCH OF THE OUTPUT PARAMETERS OF THE COILS OF A LOW-SPEED
GENERATOR WITH A VARIABLE CONFIGURATION OF THE MAGNETIC SYSTEM****Denis Zakiev**

Engineer, postgraduate student of PSTU,
Russia, Yoshkar-Ola,

Andrey Margin

Master's student at PSTU,
Russia, Yoshkar-Ola,

Nikolay Krutskikh

Ph.D., Associate Professor, PSTU
Russia, Yoshkar-Ola,

Sergey Alibekov

Doctor of Technical Sciences, Professor, PSTU,
Russia, Yoshkar-Ola,

*Olga Starodubtseva**Educational master, graduate student, PGU,
Russia, Yoshkar-Ola,***АННОТАЦИЯ**

В статье приведены экспериментальные данные по получаемым выходным параметрам статорных катушек тихоходного генератора в зависимости от изменяемых величин: магнитного поля, числа витков катушек, зазора между магнитной системой и катушками и частоты вращения ротора.

ABSTRACT

The article presents experimental data on the obtained output parameters of the stator coils of a low-speed generator, depending on the variable values: magnetic field, number of coil turns, gap between the magnetic system and the coils and rotor speed.

Ключевые слова: катушка, параметры, магнитная система, тихоходный генератора.

Keywords: coil, parameters, magnetic system, low-speed generator.

Одной из важных задач, в современной ветро-энергетической отрасли, является использование низкопотенциальных ветровых потоков.

Большая часть территории России находится в области действия ветров низкой интенсивности (не более 5 м/с) [2], за исключением малонаселенной прибрежной зоны северной и восточной части страны (более 7 м/с) [4].

Соответственно вопрос по созданию конструкции генератора, эффективно работающего в условиях низкоскоростных ветровых потоков, является определяющим с точки зрения дальнейшего развития ветроэнергетики малых скоростей в целом.

Наиболее энергоэффективными считаются генераторы, выполненные на постоянных неодимовых магнитах.

Применение постоянных магнитов в конструкциях генераторов не требует дополнительных источников питания на возбуждение магнитного потока,

их работа характеризуется высокими энергосберегающими свойствами и связана с уменьшением расхода используемых активных материалов [3]. При этом расположение постоянных магнитов на роторе существенно влияет на величину и форму индукции в зазоре и, как следствие, на получаемые характеристики [1].

Целью работы является проведение исследования выходных параметров катушек тихоходного генератора с различным количеством витков, в режиме холостого хода, с изменяемыми параметрами конфигурации магнитной системы, с переменными величинами по частоте вращения ротора и зазора между магнитной системой ротора и катушками.

Эксперименты проводились на лабораторно-испытательной установке для исследования параметров тихоходных генераторов Рис.1 (а).

Рисунок 1. Лабораторно-испытательная установка для исследования параметров тихоходных генераторов

Катушки наматывались на специальном приспособлении Рис.1 (б, в) медным проводом 0,15 мм, с количеством витков 50, 100, 150, 200 и 250 соответственно Рис.1 (г) и устанавливались на кронштейне Рис.1 (д), который в свою очередь, крепился на испытательной установке Рис.1 (е). На валу поочередно устанавливались сменные оправки с постоянными магнитами Рис. 1 (ж, з). Первоначальный зазор между магнитом и катушкой, выставлялся пластиковым щупом. Последующие зазоры подкладывались под кронштейн пластин толщиной 1 мм. Показания снимались тестером.

Магнитная система выстраивалась из постоянных магнитов на основе Nd-Fe-B: диаметр 10 мм, толщина 5 мм, остаточная индукция 1,2 Тл, коэрцитивная сила 900 кА/ч. Схема модели перекрытия катушек магнитной системой ротора (магниты, устанавливаемые с чередованием полярности, обозначены красным цветом) показана на Рисунке 2, для 10 (а, б) и 20 (в, г) магнитов соответственно, с указанием количества витков и углом поворота 0° и 9°.

Рисунок 2. Перекрытие витков испытываемых катушек магнитной системой ротора

Результаты проведенных опытов – напряжение, вырабатываемое катушкой в зависимости от количества витков, числа оборотов ротора, выставляемого

зазора в системе магнит-катушка и количества магнитов представлены в таблице 1 (для 10 магнитов) и в таблице 2 (для 20 магнитов). Анализ результатов в виде сводных графиков Рис.3 и Рис.4.

Таблица 1.

Результаты экспериментальных исследований для магнитной системы из 10 магнитов устанавливаемых в оправках разноименно

Расстояние от торца катушки до торца магнита s, mm	Частота вращения ротора n, об/мин	Напряжение, мВ (милливольт) для катушек проводом Ø 0,15мм с количеством витков:									
		50		100		150		200		250	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0.8	50	11	22	20	43	36	64	54	105	63	124
	100	31	36	55	65	86	100	131	151	162	181
	150	46	51	85	92	136	149	188	205	233	245
	200	60	66	112	120	181	191	259	274	358	374
1.8	50	10	20	14	36	31	63	37	88	59	118
	100	25	30	49	60	82	97	123	138	150	178
	150	38	44	79	87	122	137	186	200	220	239
	200	54	58	107	115	177	187	235	254	303	315

Расстояние от торца катушки до торца магнита s , mm	Частота вращения ротора n , об/мин	Напряжение, мВ (милливольт) для катушек проводом $\varnothing 0,15$ мм с количеством витков:									
		50		100		150		200		250	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
2.8	50	6	13	14	31	19	48	33	75	41	91
	100	18	21	41	48	63	73	101	115	116	133
	150	28	32	60	66	100	109	148	161	176	191
	200	39	41	83	90	133	142	197	208	238	247
3.8	50	4	9	12	25	15	33	27	59	33	65
	100	13	15	32	38	43	51	82	94	85	99
	150	19	21	51	54	69	72	121	132	130	138
	200	26	28	68	71	87	92	162	172	171	178

Таблица 2.

Результаты экспериментальных исследований для магнитной системы из 20 магнитов устанавливаемых в оправках разноименно

Расстояние от торца катушки до торца магнита s , mm	Частота вращения ротора n , об/мин	Напряжение, мВ (милливольт) для катушек проводом $\varnothing 0,15$ мм с количеством витков:									
		50		100		150		200		250	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0.8	50	38	43	68	74	72	100	116	127	124	127
	100	64	70	136	146	174	185	227	237	259	237
	150	102	107	197	203	274	282	341	350	389	350
	200	132	137	264	270	295	365	461	474	507	474
1.8	50	23	27	44	51	60	70	73	84	83	84
	100	45	49	90	98	130	140	168	175	179	175
	150	68	71	140	148	198	204	248	257	286	257
	200	91	95	192	198	269	275	330	339	378	339
2.8	50	19	21	25	30	43	51	51	59	53	59
	100	37	40	57	62	93	101	109	115	116	115
	150	59	62	88	94	147	153	163	169	181	169
	200	75	78	116	121	195	202	222	229	241	229
3.8	50	14	17	15	20	19	26	37	46	42	46
	100	29	32	38	44	49	55	85	92	94	92
	150	45	47	62	70	80	87	133	143	143	143
	200	61	64	86	89	111	114	182	186	189	186

Рисунок 3. Зависимости величины вырабатываемого напряжения катушек (мВ) от числа оборотов ротора, выставяемого зазора между магнитом и катушкой для 10 (а, в, д, ж, и) и 20 (б, г, е, з, к) магнитов

Согласно рис. 3 зависимость вырабатываемого напряжения катушкой от частоты вращения ротора, при любой величине зазора, в первом приближении имеет линейный характер. Увеличение количества магнитов с 10 до 20 приводит к пропорциональному увеличению вырабатываемого напряжения (примерно в два раза) только для катушек с числом витков 50 и 100. Для катушек с числом витков 150 и 200 этот показатель постепенно падает и для катушек с числом

витков 250 как для 10 так и 20 магнитов имеет практически одинаковые показатели. Одной из возможных причин полученного результата является постепенно увеличивающаяся, для магнитной системы из 20 магнитов (Рис.2, в), с ростом площади катушки зона перекрытия витков катушки одноименными полюсами магнитов. Магнитная система из 20 магнитов более чувствительна к величине зазора между катушкой и магнитами в диапазоне от 0,8 мм до 1,8 мм,

Рисунок 4. Зависимости величины вырабатываемого напряжения катушек (мВ) от числа витков катушек и частоты вращения ротора для 10 (а, в, д, ж) и 20 (б, г, е, з) магнитов.

Типы полученных графиков рис.4 (а, б, в, г) показывают наличие потенциала для роста вырабатываемого напряжения у магнитной системы из 10 магнитов (рис.4 а, в), что является следствием, согласно рис. 2 (а, в), роста площади перекрытия витков катушек **разноименными** полюсами магнитов для системы из 10 магнитов в противоположность (рис. 2в) росту площади перекрытия **одноименными**

полюсами магнитов для магнитной системы из 20 магнитов.

Для проверки воздействия на выходные параметры катушки (для 250 витков) магнитной системы, устанавливаемой без чередования полюсов, были проведены дополнительные эксперименты, представленные в таблице 3.

Таблица 3.

Результаты экспериментальных исследований для магнитной системы из 10 и 20 магнитов устанавливаемых в оправках одноименно

Расстояние от торца катушки до торца магнита s, mm	Частота вращения ротора n, об/мин	Напряжение, мВ (милливольт) для катушек проводом Ø 0,15мм с количеством витков:			
		250		250	
		10 магнитов		20 магнитов	
		min	max	min	max
0.8	50	79	89	15	66
	100	147	159	41	93
	150	216	221	69	120
	200	280	286	105	150
1.8	50	43	54	12	59
	100	98	107	33	85
	150	146	153	56	107
	200	202	208	82	123
2.8	50	31	39	9	41
	100	67	74	22	58
	150	110	115	38	63
	200	143	148	53	73
3.8	50	11	15	5	47
	100	34	39	16	51
	150	53	59	29	57
	200	72	75	44	63

Сопоставляя данные таблиц 1 и 3 для катушек в 250 витков, для магнитной системы из 10 магнитов при установке магнитов в оправке одноименными полюсами, величина вырабатываемого напряжения падает по сравнению с магнитной системой из 10 магнитов с разноименным расположением полюсов. Увеличение количества магнитов с 10 до 20, устанавливаемых одноименно, уменьшает величину вырабатываемого катушкой напряжения практически в два раза.

Выводы. При проектировании тихоходных генераторов на постоянных магнитах большое значение имеет минимизация зазора между катушкой и магнитами, максимальная плотность магнитной системы ротора обеспечивающая стабильность выходных параметров катушек на малых оборотах и компенсацию низких оборотов ротора. При этом

магниты должны быть установлены с чередованием полярности, с таким расчетом, чтобы площадь перекрытия противолежащих витков катушек разноименными полюсами магнитов была – максимальна, а одноименными полюсами магнитов – минимальна, что может быть достигнуто как относительным подбором формы магнитов и катушек, их соотношением и/или количеством.

При одновременном перекрытии витков катушки полюсами магнитов одного знака в катушке, в обоих ее витках, возникает встречная ЭДС, которая преобразуется по всей видимости в тепловую энергию. При перекрытии витков катушки разноименными полюсами магнитов, возникающая в витках катушек ЭДС имеет однонаправленный характер, с максимальным показателем вырабатываемого напряжения.

Список литературы:

1. Ануфриев А. С., Макаричев Ю. А., Иванников Ю. Н. Особенности проектирования синхронных генераторов малой мощности для ветроэнергетических установок // Электроэнергетика глазами молодежи-2017. – 2017. – С. 159-160.
2. Бубенчиков А. А., Бубенчикова Т. В. Оценка применения ветроколес без нагрузки в теле ускорителя потока для ветроэнергетических установок с вертикальной осью вращения // Омский научный вестник. 2018. № 2 (158). С. 33-37.

3. Разработка стенда и методики идентификации постоянных магнитов / А.А. Татевосян, А.С. Татевосян, Н.В. Захарова, Н.Д. Буряков // Актуальные вопросы энергетики : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Омск, 17 мая 2018 года) / ОмГТУ. – Омск, 2018. – С. 287–293.
4. Серебряков Р.А., Доржиев С.С., Базарова Е.Г. Современное состояние, проблемы и перспективы развития ветроэнергетики // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 3. С. 13—20.
5. Татевосян Андрей Александрович. Выбор оптимальной конструкции, экспериментальное исследование и математическое моделирование магнитного поля низкооборотного синхронного генератора на постоянных магнитах // ОНВ. 2018. №6 (162).

DOI: 10.32743/UniTech.2021.82.1-3.21-25

**РЕГУЛИРОВАНИЕ АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ СИНХРОННОГО
ГЕНЕРАТОРА ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ К СЕТИ****Исмоилов Иброхимжон Келдибоевич***стажер-исследователь, Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: i.ismoilov@ferpi.uz***Халилова Феруза Абдулвосиевна***ассистент,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана***REGULATION ACTIVE AND REACTIVE POWER OF SYNCHRONOUS GENERATOR
CONNECTED TO THE NETWORK****Ibrokhimjon Ismoilov***Intern Researcher, Ferghana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Ferghana***Feruza Khalilova***Assistant of Electrical Power Engineering Chair,
Ferghana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Ferghana***АННОТАЦИЯ**

Регулирование активной и реактивной мощности генераторов при подключении к сети всегда было важным вопросом исследований электростанций и электрических сетей для эффективного использования энергии и стабильной работы двигателей. В повседневной жизни потребление электроэнергии в жилых домах постоянно меняется (больше ночью и меньше днем; больше летом и зимой, меньше весной и осенью), поэтому для рационального использования ресурсов и улучшения экономики необходимы мониторинг и регулирование активной мощности в реальном времени. В последнее время большинство приборов, подключенных к сети, являются индуктивными. Поэтому система питания должна загружать много реактивной мощности помимо активной. Согласно статистике, реактивная мощность, потребляемая промышленными предприятиями, необходимая асинхронному двигателю в энергосистеме, составляет 60–65 %, 20–25 % силовых трансформаторов и 10 % приходится на воздушные электрические сети и другого оборудования [2]. Реактивная мощность, поставляемая энергосистемой, распределяется между всеми генераторами, что вызывает проблему того, сколько должен выдерживать каждый генератор и как регулировать реактивную мощность генераторов. В этой статье подробно анализируются методы регулирования активной и реактивной мощности, диапазон регулирования, угловые характеристики мощности и электромагнитное соотношение активной и реактивной мощности.

ABSTRACT

The regulation of active and reactive power of generators when connected to the grid has always been an important issue in the research of power plants and electrical networks for efficient use of energy and stable operation of motors. In everyday life, electricity consumption in residential buildings is constantly changing (more at night and less during the day; more in summer and winter, less in spring and autumn), therefore, real-time monitoring and regulation of active power is necessary for rational use of resources and improving the economy. Most of the loads connected to the mains are inductive lately. Therefore, the power supply system must load a lot of reactive power in addition to active power. According to statistics, the reactive power consumed by industrial enterprises required for an induction motor in the power system is 60–65 %, 20–25 % of power transformers and 10 % for overhead electrical networks and other equipment. The reactive power supplied by the power system is shared among all generators, which raises the problem of how much each generator has to handle and how to regulate the reactive power of the generators. This article analyzes in detail the methods for regulating active and reactive power, the control range, the angular characteristics of power and the electromagnetic ratio of active and reactive power.

Ключевые слова: угол мощности, ток возбуждения, активное регулирование, регулирование реактивной мощности, статическая устойчивость.

Keywords: power angle, excitation current, active regulation, reactive power regulation, static stability.

1. *Введение.* В этой статье обсуждается, как отрегулировать активную и реактивную мощность после параллельного подключения генератора в основном для бесконечной электросети. Это означает, что изменение режима работы подключаемого генератора практически не может повлиять на изменение напряжения U_c или частоты f_c сети, где они остаются неизменными, т.е. $U_c = \text{const}$ и $f_c = \text{const}$. Внутренний процесс анализируется с помощью векторной диаграммы или угла мощности при регулировке. Регулировка активной мощности должна изменить входную мощность первичного двигателя для изменения выходной мощности генератора в соответствии с характеристикой угла мощности. Если изменяется только ток возбуждения генератора, можно регулировать только реактивную мощность генератора.

2. При перевозбуждении выдается индуктивная реактивная мощность, а реакцией якоря является размагничивание; при слабом возбуждении генератор производит емкостную реактивную мощность и реакция якоря может усилиться (также может размагничиваться). Обычный генератор возбуждения выдает только активную мощность с коэффициентом мощности, показанным на рис. 1 [2; 8; 6; 7].

2. *Регулирование реактивной мощности синхронного генератора и анализ его работы.* Предпосылка анализа заключается в том, что в качестве примера берем двигатель со скрытым полюсом. Эффектом насыщения и сопротивлением якоря пренебрегаем. Тогда сеть рассматривается как бесконечная, напряжение – неизменным, а частота – нормальной.

2.1. *Выход без нагрузки на стабильную активную мощность.* Когда генератор не выдает активную мощность, потребляемую первичным двигателем, просто компенсируются различные потери и не выводятся электромагнитные потери (без учета потерь в меди статора), поэтому угол мощности $\delta = 0^\circ$, электромагнитная мощность $P_M = 0$, как показано на рис. 1. В это время, хотя электродвижущая сила поля E_0 ,

напряжение сети U могут присутствовать и есть ток выход, это реактивный ток. Когда входная мощность P_1 первичного двигателя увеличивается, входной крутящий момент T_1 увеличивается и $T_1 > T_0$ (T_0 – крутящий момент без нагрузки). В это время остаточный крутящий момент $(T_1 - T_0)$ действует на вал двигателя, так что ускорение ротора, главное магнитное поле ротора (B_0) и прямая ось d опережают эквивалентное статору синтетическое магнитное поле ($\bar{B}_\mu$). Поскольку частота сети, скорость вращения остается синхронной, а соответственно, и электродвижущая фаза. Величина E_0 опережает вектор напряжения на клеммах генератора $\dot{U}$ на фазовый угол, поэтому $\delta > 0^\circ$, $P_M > 0$, генератор выдает активный ток наружу, а электромагнитный момент T_M при этом появляется соответствующий к электромагнитному моменту P_M . Когда δ увеличивается так, что соответствующий электромагнитный крутящий момент в точности равен остаточному крутящему моменту $(T_1 - T_0)$, ротор возвращается к синхронной скорости, и генератор работает стабильно под углом δ , как показано на рисунке 1 (B) и 1 (C) [2; 6].

В это время выходная активная мощность генератора равна:

$$P_2 \approx P_M = \frac{mUE_0}{x_s} \sin \delta. \quad (1)$$

Если это явнополюсный синхронный генератор, его угловая характеристика мощности равна:

$$P_2 \approx P_M = \frac{mUE_0}{x_s} \sin \delta + m \frac{U^2}{2} \left(\frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right). \quad (2)$$

Также можно видеть, что угол мощности – это угол между осью магнитного полюса ротора и осью магнитного полюса воздушного зазора в пространстве и угол между электродвижущей силой возбуждения E_0 и напряжением U во времени [1–8].

Рисунок 1. Параллельно с бесконечной электросетью синхронный генератор вырабатывает активную мощность от холостого хода до стабильной выходной мощности

2.2. Регулировка активной мощности при статической и стабильной работе синхронного генератора. Активная мощность синхронного генератора, подключенного к системе большой мощности, регулируется мощностью первичного двигателя. При увеличении мощности первичного двигателя, т.е. вращающего момента первичного двигателя (паровой или гидравлической турбины), увеличивается активная составляющая тока генератора, одновременно с этим увеличивается и угол, что понижает запас устойчивости генератора. Для того чтобы синхронный генератор не терял запаса устойчивости при увеличении активной мощности, необходимо увеличивать ток возбуждения.

Векторная диаграмма генератора с невыпадающими полюсами, например, показана на рисунке 2. Текущий ток можно контролировать с помощью:

$$\dot{E}_0 = \dot{U} + jI X_s; \quad (3)$$

$$i = \frac{E_0 - \dot{U}}{jX_s} = j\frac{\dot{U}}{X_s} - j\frac{\dot{E}_0}{X_s}. \quad (4)$$

Объяснение. Из рисунка видно, что по мере изменения активной мощности изменяется угол δ , а затем изменяется угол φ , изменяется $I \cos \varphi$, а также изменяется $I \sin \varphi$, то есть изменяется величина реактивной мощности, а также может меняться характер. В частности, когда активная мощность увеличивается, ток возбуждения не изменяется, а активная мощность $P = mUI \cos \varphi$ увеличивается, $I \cos \varphi$ увеличивается. Тогда $P_M = \frac{mUE_0}{X_s} \sin \delta$ увеличивается, затем $\sin \delta$ увеличивается, то есть δ увеличивается и $Q = \frac{mUE_0}{X_s} \cos \delta - m\frac{U^2}{X_s}$ уменьшается, ток якоря I увеличивается, а угол коэффициента мощности φ уменьшается. Следовательно, угол δ мощности фактически отражает угол кручения синтетического магнитного поля статора, и тем больше электромагнитная мощность P_M и электромагнитный момент T_M . Причина образования δ заключается в том, что существует поперечный ток реакции якоря I_q (составляющая тока якоря $\dot{I}$ в направлении $\dot{E}_0$), поэтому поперечная реакция якоря заключается в том, что магнитодвижущая сила создает электромагнитный момент и выполняет электромеханическое преобразование энергии [2; 7].

Необходимые условия. Однако входная мощность от первичного двигателя не может быть увеличена без ограничений для увеличения электромагнитной мощности генератора. Для генератора со скрытыми полюсами, когда угол мощности δ достигает 90° , электромагнитная мощность достигает

максимального значения $P_{M_{max}}$. Если входная мощность от первичного двигателя увеличивается, новый баланс не может быть установлен и скорость двигателя будет постоянно увеличиваться и терять шаг и статическую устойчивость [2; 7; 1].

Рисунок 2. Синхронный генератор поддерживает постоянным ток возбуждения I_f для регулировки активной мощности генератора

3. Регулирование реактивной мощности и анализ работы синхронного генератора. Если генератор подключен параллельно к сети в идеальных условиях, указанных выше, при исследовании регулирования реактивной мощности генератора также можно считать, что мощность электросети достаточно велика, а напряжение электросети и частота не изменяются.

3.1. Анализ регулирования тока возбуждения без нагрузки. Когда ток якоря равен нулю, переключатель холостого хода замкнут, как показано на рисунке 3 (А), ток возбуждения является нормальным возбуждением; когда переключатель холостого хода замкнут, генератор не будет генерировать активную или реактивную мощность.

Если выходной сигнал первичного двигателя остается неизменным, ток возбуждения увеличивается, он будет в перевозбужденном состоянии, и генератор будет посылать обратный реактивный ток, чтобы вызвать реакцию размагничивания якоря, как показано на рисунке 3 (В).

Ток возбуждения начинает уменьшаться по сравнению с нормальным возбуждением, он будет в недовозбужденном состоянии, и генератор будет посылать опережающий реактивный ток для генерации реакции намагниченного якоря, как показано на рисунке 3 (С) [2; 8; 6; 7; 1].

Рисунок 3. Фазово-векторная диаграмма регулировки тока возбуждения без нагрузки

3.2. Регулировка реактивной мощности при активной нагрузке. Когда генератор нагружен активной нагрузкой и выходная активная мощность остается неизменной, взаимосвязь между током якоря генератора и током возбуждения также может быть проанализирована с помощью векторной диаграммы электродвижущей силы. Учитывая, что напряжение постоянно, а сопротивление не учитывается.

$$P_M = \frac{mUE_0}{X_s} \sin \delta = \text{constant}, E_0 \sin \delta = \text{constant}; \quad (5)$$

$$P_2 = mUI \cos \varphi = \text{constant}, I \sin \varphi = \text{constant}; \quad (6)$$

Если $P_M = P_2$ тогда:

$$\frac{E_0}{X_s} \sin \delta = I \cos \varphi. \quad (7)$$

Когда ток возбуждения регулируется для изменения E_0 , ток статора генератора и коэффициент мощности также изменяются соответственно. Из рисунка 3 видно, что векторная диаграмма активного тока $I \cos \varphi$ постоянная, вектор тока статора I в конце траектории представляет собой горизонтальную линию АВ, перпендикулярную вектору напряжения $\dot{U}$. Из формулы (5) $E_0 \sin \varphi$ и $\delta = \text{const}$, изменение вектора $\dot{E}_0$ в конце и вектор напряжения $\dot{U}$ параллельны прямой линии CD. В соответствии с вышеуказанными условиями на рисунке 4 представлены четыре типичные векторные диаграммы.

В первом случае нагрузка генератора только активной мощностью, без выхода реактивной мощности, минимальный ток статора для нормального возбуждения I_1 и $\cos \varphi = 1$.

Во втором случае ток возбуждения увеличивается исходя из нормального возбуждения. В это время $E_{02} > E_{01}$ находится в сверхвозбужденном состоянии. Ток статора (I_2) ниже напряжения на клеммах.

В третьем случае ток возбуждения уменьшается на основе нормального возбуждения. В это время $E_{03} < E_{01}$ находится в недовозбужденном состоянии, а ток статора I_3 опережает напряжение на клеммах $\dot{U}$. В дополнение к активной мощности в сеть двигатель также передает в сеть расширенную емкостную реактивную мощность, что означает, что генератор поглощает индуктивную реактивную мощность из сети.

В четвертом случае необходимо дополнительно уменьшить ток возбуждения, электродвижущая сила E_0 еще больше уменьшится, угол мощности и ведущий коэффициент мощности $\cos \varphi$ будут продолжать увеличиваться, чтобы увеличить значение тока статора. Однако это изменение ограничено. Когда ЭДС холостого хода достигает E_{04} , генератор достигнет предельного состояния стабильной работы из-за предела угла мощности $\delta < 90^\circ$.

Дальнейшее снижение тока возбуждения не сможет работать стабильно, а также потеряет статическую устойчивость.

Рисунок 4. Векторная диаграмма регулирования тока возбуждения при $U = \text{constant}$ и $P_2 = \text{constant}$

4. *Вывод.* Регулирование активной мощности влияет на изменение реактивной мощности. Когда активная мощность генератора увеличивается, уменьшение реактивной мощности будет вызвано постоянным током возбуждения и напряжением сети.

При регулировке тока возбуждения необходимо изменить реактивную мощность, хотя на значение активной мощности двигателя это не влияет, а ток якоря сначала уменьшается, затем увеличивается.

Если ток возбуждения установлен слишком низким, двигатель может потерять устойчивость и будет вынужден остановиться.

Список литературы:

1. Веников В.А. Переходные электрохимические процессы в электрических системах : учебник для электроэнерг. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1985. – 536 с.
2. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий : учебник. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1979. – 431 с.
3. Повышение коэффициента полезного действия в результате изменения магнитодвижущей силы обмоток машин переменного тока / И.К. Исмоилов [и др.] // Проблемы современной науки и образования. – 2019. – № 11-1 (144).
4. Проблемы качества электроэнергии в системах электроснабжения / З.З. Туйчиев [и др.] // Проблемы науки. – 2019. – № 10 (46).
5. Электрические цепи, содержащие нелинейные элементы, и методы их расчета / Т.К. Жабборов [и др.] // Вестник науки и образования. – 2019. – № 19-2 (73).
6. Юрганов А.А. Сравнение российских и зарубежных стабилизаторов режима // Электротехника, энергетика, электроника: сб. докл. науч. конф. – СПб. : СЗПИ, 2000. – С. 30–47.
7. Юрганов А.А., Кожевников В.А. Регулирование возбуждения синхронных генераторов. – СПб. : Наука, 1996. – С. 61–88.
8. Jicheng Li. Design and application of modern synchronous generator excitation systems / Li Jicheng, Tsinghua University, China. – Hoboken, NJ, USA : Wiley-IEEE Press, 2019.

ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ К МНОЖЕСТВЕННЫМ ПРОЦЕССАМ**Нишанов Хусан Мойдинжанович**

канд. физ – мат. наук, доцент,
Андижанский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: xusan.nishonov@mail.ru

Абдурахимов Абдулатиф Умурзакович

канд. физ – мат. наук, доцент,
Андижанский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Андижан

Икрамов Авазбек

ассистент,
Андижанский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Андижан

APPLICATION OF THEORETICAL MODELS TO MULTIPLE PROCESSES**Abdulatif Abdurakhimov**

Cand. physical - mat. Sci., Associate Professor,
Andijan State University,
Uzbekistan, Andijan

Khusan Nishanov

Cand. physical - mat. Sci., Associate Professor,
Andijan State University,
Uzbekistan, Andijan

Avazbek Ikramov

Assistant, Andijan State University,
Uzbekistan, Andijan

АННОТАЦИЯ

В работе, для описания распределений событий по средней множественности предлагаются различные теоретические модели и эмпирические формулы. Также приведены экспериментальные данные средней множественности заряженных частиц и их сечения от числа образованных заряженных частиц. На основе обычного пуассоновского распределения предложены различные теоретические модели, при этом образование n -частиц в данном акте столкновений происходит случайно.

По полученным результатам делается заключение, что множественность вторичных заряженных частиц имеет хорошее согласие с моделью Ванга и Чижевского-Рыбицкого. Остальные модели не согласуются, так как отклонения фитированных данных от теории большие ($\chi^2 > 100$).

ABSTRACT

In this work, various theoretical models and empirical formulas are proposed to describe the distributions of events by mean multiplicity. Also presented are experimental data on the average multiplicity of charged particles and their cross sections versus the number of charged particles formed. Various theoretical models have been proposed on the basis of the usual Poisson distribution, and the formation of n -particles in a given collision event occurs randomly. Based on the results obtained, it is concluded that the multiplicity of secondary charged particles is in good agreement with the Wang and Chizhevsky-Rybitsky model. The rest of the models do not agree, since the deviations of the fitted data from the theory are large ($\chi^2 > 100$).

Ключевые слова: события, частица, теория, модель, множественность, взаимодействия, фитирование.

Keywords: events, particle, theory, model, multiplicity, interaction, fitting.

В настоящее время многие экспериментальные и теоретические работы посвящены исследованию множественного образования вторичных заряженных частиц при высоких энергиях [1].

В работе [2] мы рассмотрели топологические сечения мало- и многолучевых событий, средняя множественность заряженных частиц и их зависимость от энергии. В этой части работы мы рассмотрим и анализируем различные теоретические модели и их применимость к экспериментальным данным.

Во многих экспериментах были предложены различные теоретические модели и эмпирические формулы для описания распределений событий по множественности вторичных заряженных частиц.

Для описания распределений π -р-событий рассмотрим некоторые из них: а) Пуассоновское распределение для всех заряженных частиц: обычное пуассоновское распределение имеет место, если образование n -частиц в данном акте столкновений происходит случайно. В результате многих актов столкновений в среднем рождаются $\langle n \rangle$ частиц. Формула в этом случае имеет вид

$$p(n_{\pm}) = \frac{\langle n_{\pm} \rangle^{n_{\pm}} e^{-\langle n_{\pm} \rangle}}{(n_{\pm})!} \quad (1)$$

б) Пуассоновское распределение для $\pi^+\pi^-$ -пар.

Эта модель была предложена Вангом (модель Wang – 1). В модели

Ванг – 1, предполагается сохранение заряда в малых областях, т. е. локальное сохранение заряда частиц.

в) Пуассоновское распределение для рожденных заряженных пионов (модель Wang – 2).

Формулы в моделях Ванга [3] непосредственно получаются из обычного пуассоновского распределения. Ниже приведены соответствующие формулы для каждой модели Ванга.

Модель Ванга – 1:

$$P\left[\frac{1}{2}(n_{\pm} - \alpha)\right] = \frac{\left(\frac{1}{2}(n_{\pm} - \alpha)\right)^{\frac{1}{2}(n_{\pm} - \alpha)} e^{-\frac{1}{2}(n_{\pm} - \alpha)}}{\left[\frac{1}{2}(n_{\pm} - \alpha)\right]!} \quad (2)$$

Модель Ванга – 2:

$$P(n_{\pm} - \alpha) = \frac{\left(\frac{1}{2}(n_{\pm} - \alpha)\right)^{\frac{1}{2}(n_{\pm} - \alpha)} e^{-\frac{1}{2}(n_{\pm} - \alpha)}}{(n_{\pm} - \alpha)!} \quad (3)$$

где α – число заряженных частиц в начальном состоянии (для πp – взаимодействий $\alpha = 2$).

г) Пуассоновское распределение для каждого сорта пионов было предложено Хорном и Сильвером.

$$P(n) = \frac{1}{J_0(2q)} * \frac{q^{2n}}{(n!)^2} \quad (4)$$

где $n = (n_{\pm} - 2) / 2$, J_0 – функция Бесселя, а q – свободный параметр.

д) Пуассоновское распределение для всех рожденных пионов с распределением по зарядам на основе модели изоспиновой независимости.

Кроме того, рассмотрим две эмпирические формулы:

1. Формулу, предложенную Бозоки и др., в виде [4].

$$P(n_{\pm}) = c^{-1} n_{\pm}^{\beta-1} (-n_{\pm}^2/2\alpha^2) \quad (5)$$

где c – нормировочный множитель, α - и β – свободные параметры.

2. Формулу Чижевского – Рыбицкого [5].

$$P(n_{\pm}) = \frac{2d}{D} e^{-d^2} \frac{d^{2d/D(n_{\pm} - \langle n_{\pm} \rangle + dD)}}{\Gamma\left(\frac{d}{D}\right)(n_{\pm} - \langle n_{\pm} \rangle + dD + 1)} \quad (6)$$

где $D = \sqrt{\langle n_{\pm}^2 \rangle - \langle n_{\pm} \rangle^2}$ – дисперсия и d – свободный параметр, который подбирается при фитировании экспериментальных данных. Распределение Чижевского-Рыбицкого является обобщением распределения Пуассона с новыми параметрами $x = (n_{\pm} - \langle n_{\pm} \rangle) / D$ и $y = D p(n_{\pm})$. В этом случае факториал заменяется Γ – функцией. Здесь x характеризует степень отклонения от среднего $\langle n_{\pm} \rangle$.

Совокупность экспериментальных данных по распределениям πp – событий до энергии 25 ГэВ согласуется с обеими вариантами модели Ванга. При более высоких энергиях лучшее согласие имеет модель Ванг – 1. Сравнение всех перечисленных выше моделей с нашими данными по πp – взаимодействиям показало, что только Ванг – 1 согласуется с экспериментом. Остальные модели не согласуются с экспериментальными данными. Распределения πp – событий по множественности и их сравнение с помощью эмпирических формул (5) и (6) показало, что формула Бозоки удовлетворительно описывает экспериментальные данные. Результаты фитирования приведены в таблице 1 и на рис. 1. Как видно, из таблицы и рис. 1 множественность вторичных заряженных частиц имеет хорошее согласие, в пределах экспериментальных ошибок, с моделью Ванга и формулой Чижевского - Рыбицкого. Остальные модели дают $\chi^2 \sim 100$ при числе точек 9. Результаты аналогичные нашим, были получены для πp – взаимодействий при $P = 25$ ГэВ/с и $P = 50$ ГэВ/с.

Таблица 1.

 πp – взаимодействия

Распределения	Средняя множественность и подобранные параметры	χ^2	Число точек
Ванг – 1 Чижевского – Рыбицкого	$\langle n_{\pm} \rangle = 5.69 \pm 0.04$	6,3	9
	$\langle n_{\pm} \rangle = 5.58 \pm 0.05$	12,9	9
	$D = 2.73 \pm 0.03$		
	$d = 1.58 \pm 0.07$		
Бозоки и др.	$\langle n_{\pm} \rangle = 5.68 \pm 0.08$	15,4	9
	$\alpha = 4.05 \pm 0.06$		
	$\beta = 2.38 \pm 0.06$		
Пуассон	$\langle n_{\pm} \rangle = 5.53 \pm 0.04$	135	9
Ванг – 2	$\langle n_{\pm} \rangle = 5.66 \pm 0.04$	606	9

Рисунок 1. Распределение $\pi^- p$ -событий от $\pi_{\pm}$. Кривые расчеты по теоретическим моделям Ванга – 1, Пуассона и Чижевского-Рыбицкого

Таким образом, можно отметить, что при $P = 40$ ГэВ/с распределение $\pi^- p$ – событий по множественности имеет хорошее согласие с моделью Ванг-1,

в которой предполагается пуассоновское распределение рожденных заряженных пар пионов, и формулой Чижевского - Рыбицкого (Ч-Р).

Список литературы:

1. А.У. Абдурахимов, Х.М. Мадамин, Ж.Н. Зиётдинов. Исследование множественного рождения частиц в адрон - адронных столкновениях при высоких энергиях. Международный научный журнал – № 11, Казань, Россия, 2017.
2. А.У. Абдурахимов, Х.М. Нишинов, А.Ш. Икрамов. Некоторые характеристики средней множественности заряженных частиц в физике высоких энергий. SCIENCE AND WORLD - international scientific journal №12 (76), vol, II, Россия, P. 8 – 10, Волгоград, 2019.
3. C. Wang. Phys. Rev. , 180, 1463, (1969).
4. G. Bozoki, E. Gombosi and M. Posch. Nuovo Cim, 64 A, 881, (1969).
5. O. Czyzewski and K. Rybicki. Nucl. Phys. B47(1972)633. INP N800/PH, Krakow, 1972.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ АДсорбции НАТРИЕВЫХ СОЛЕЙ ЖИРНЫХ КИСЛОТ НА ТКАНИ

Саидвалиев Саидазим Саидамирханович

канд. техн. наук, (PhD),
научный исследователь докторантуры (DSc)
Бухарского инженерно-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: kafedra-03@mail.ru

Мажидов Кахрамон Халимович

д-р техн. наук, профессор
Бухарского инженерно-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: kafedra-03@mail.ru

STUDY OF ADSORPTION OF SODIUM SALTS OF FATTY ACIDS ON TISSUES

Saidazim Saidvaliev

PhD in Engineering (PhD), Doctorate Research Scientist (DSc),
Bukhara Engineering and Technological Institute,
Uzbekistan, Bukhara

Kakhramon Mazhidov

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department
Bukhara Engineering Technological Institute,
Uzbekistan, Bukhara

АННОТАЦИЯ

Вода обладает высоким поверхностным натяжением, поэтому имеет свойство образовывать «шарик» на разных поверхностях, не взаимодействуя с ними. Чтобы удалить загрязнения и отстирать пятно на тканях, необходимо использовать поверхностно-активное вещество - натриевые соли жирных кислот. Один конец натриевых солей жирных кислот имеет гидрофильную природу и притягивается к молекулам воды, а другой – гидрофобную природу и отталкивается от них.

Когда натриевые соли жирных кислот попадают в воду, они самоорганизуются в сферу с гидрофильными концами снаружи и гидрофобными внутри. Вода с грязью попадает в мицеллу, но уже не может выбраться обратно, потому что гидрофобная часть сферы держит её внутри. Потом она смывается водой.

Цель работы направлена на исследование адсорбции натриевых солей жирных кислот на тканях. Для решения изучаемых задач были использованы методы количественной оценки адсорбции натриевых солей жирных кислот на стадиях моющего процесса твердых мыл при обработке различных видов тканей. Разработана практическая схема моющего процесса адсорбции натриевых солей жирных кислот твердых мыл при обработки поверхности тканей различной толщиной. Установлено что, структура и свойства каждого слоя ткани занимает промежуточное положение между предыдущим и последующими слоями. Переход в трехфазную систему достигается при толщине оставшихся загрязнений сопоставимой с длиной углеводородной части аниона.

ABSTRACT

Water has a high surface tension, so it tends to form a "ball" on different surfaces without interacting with them. To remove dirt and stains on fabrics, it is necessary to use a surfactant - sodium salts of fatty acids. One end of sodium salts of fatty acids is of a hydrophilic nature and is attracted to water molecules, and the other is of a hydrophobic nature and repels from them.

When sodium salts of fatty acids enter the water, they self-assemble into a sphere with hydrophilic ends on the outside and hydrophobic ends on the inside. Water with dirt enters the micelle, but it can no longer get out, because the hydrophobic part of the sphere keeps it inside. Then it is washed off with water.

Purpose of the work is to study adsorption of sodium salts of fatty acids on fabrics. Methods of research: To solve the studied problems methods of quantitative evaluation of adsorption of sodium salts of fatty acids at washing process stages of solid soaps in treatment of different types of fabrics were used. A practical scheme of the washing process for the adsorption of sodium salts of fatty acids of solid soaps during the treatment of tissue surfaces of various thicknesses is developed. It was established that the structure and properties of each tissue layer occupy an intermediate position between the previous and subsequent layers. The transition to a three-phase system is achieved when the thickness of the remaining contaminants is comparable with the length of the hydrocarbon part of the anion.

Ключевые слова: натриевые соли, жирные кислоты, адсорбция, ткань, слой, толщина, моющие свойства, структура, углеводородный радикал.

Keywords: sodium salts, fatty acids, adsorption, fabric, layer, thickness, washing properties, structure, hydrocarbon radical.

Введение: В настоящее время для хозяйственных и бытовых нужд используются широкие ассортименты твердых мыл [1-5], которые характеризуются своеобразными моющими свойствами [6-8]. Практическое использование мыла требует установления и определения её моющих способностей при обработке различных видов тканей.

Как известно, термодинамическая и квази-химическая модели моющего действия ПАВ практически не коррелируются с реальными процессами [9-11]. Ряд принципиальных вопросов теории и практики не имеют однозначного объяснения. В частности, один из принципиальных вопросов о количественной оценке адсорбции натриевых солей жирных кислот в практических условиях на разных стадиях моющего процесса является предметом продолжающихся дискуссий. Исследование и установление адсорбционных свойств натриевых солей жирных кислот твердых сортов мыла на тканях является актуальным вопросом.

Цель работы направлена на исследование адсорбции натриевых солей жирных кислот на тканях.

Методы исследований: Для решения изучаемых задач были использованы методы количественной оценки адсорбции натриевых солей жирных кислот на стадиях моющего процесса твердых мыл при обработке различных видов тканей [12,13]. В качестве объектов обработки выбраны плотность адсорбционного слоя исследуемой ткани [14,15].

Результаты и обсуждение: Изучены имеющиеся научные положения свойств коллоидных систем состоящих из низко концентрированных растворов индивидуальных солей натровых мыл. Для построения графической модели мицеллы натровых мыл аппроксимировано проекции среза поверхности мицеллы в прямую линию. Согласно установленной графической модели выявлено что анионы находятся в динамическом равновесии с мицеллой натровых мыл.

Химически реакции омыления представляют собой щелочной гидролиз с образованием мыла, глицерина, метанола и относятся к типу автокаталитических), когда один из их продуктов (соль) ускоряет химическую реакцию. Для автокаталитических реакций омыления (1) характерны три периода (стадии) ее протекания (рис 1) индукционный период (I), период постоянной скорости или стадия быстрого автокатализа (II), и период падающей скорости (III)

Рисунок 1. Кинетическая кривая реакции омыления жиров едким натром I - индукционный период, II - период постоянной скорости, III - период падающей скорости

Индукционный период соответствует начальному периоду омыления ($\approx$ до 20%), в котором величина скорости реакции зависит только от удельной площади межфазной поверхности реагентов, и на границе которой происходит взаимодействие молекул жира и щелочи. Жиры, масла и водные растворы едкого натра плохо растворяются друг в друге и физически представляют из себя неоднородные гетерогенные системы. В начальный период омыления межфазная поверхность такой системы невелика и практически равна площади «зеркала» между слоями несмешивающихся фаз жира (верх) и раствора щелочи (низ). Для увеличения площади межфазной поверхности систему «жиры - раствор щелочи» переводят в состояние тонкой эмульсии. Эмульгирование системы достигается, с одной стороны, тщательным перемешиванием реагентов, с другой увеличивающейся растворимостью жира в образующемся водном растворе мыла, который выступает как эмульгатор, ускоряя реакцию омыления. Механизм эмульгирования смесей жир/масло - щелочь рассмотрен ниже (см п 2). Кинетическое действие мыла проявляется прежде всего в увеличивающейся растворимости жиров и масел в водном растворе мыла и, следовательно, в росте площади межфазной поверхности. При достижении мылом концентрации $\approx 20\%$, количество растворяющихся в нем жиров

достаточно, чтобы обеспечить протекание реакции омыления в кинетической области.

Период постоянной скорости соответствует стадии быстрого автокатализа реакции омыления жиров и масел ($\approx$ до 80-85%), в течение которой ($\approx 0,4$ ч) концентрация образующегося мыла является достаточной, чтобы обеспечивать растворимость жиров и масел и поддерживать межфазную поверхность на уровне, необходимом для протекания реакции в кинетической области. Температура реакции 100-120°C.

Период падающей скорости соответствует конечной стадии реакции омыления (участок III). На этой стадии степень истощения жиров и щелочи составляет более 90% и концентрация их в растворе

мыла резко снижается. В результате скорость реакции заметно падает и при степени омыления более 95% кинетическая кривая асимптотически приближается к 100% истощения жира. Асимптотический характер кинетической кривой на завершающей стадии вступления остатков жиров в реакцию предопределяет значительное время пребывания или время реакции (0,75ч) и режим полного перемешивания реакционной смеси в аппарате (котле, реакторе).

Экспериментальные данные по кинетике. Данные экспериментального изучения кинетики омыления жира приведены в табл 1 и рис 2, кинетики нейтрализации жирных кислот - на рис 3, кинетики омыления метилового эфира - в табл.1.

Таблица 1.

Экспериментальные данные реакции омыления пищевого жира едким натром в среде этилового спирта при эквимолярном соотношении реагентов

Время τ, мин	Концентрация ед- кого натра кмоль/м³	Степень омыле- ния x, мол доли	Константы скорости, м³/(к/МОЛЬ мин)		Ошибка ε, ± % (отн)
			к _{эксп}	к _{расч}	
Температура реакции 34°C					
0	0 160	0	—	—	—
15	0 125	0 218	0 116	0 115	+1 03
35	0 100	0 375	0 107	0 115	-7 28
55	0 075	0 531	0 128	0 115	+10 30
115	0 055	0 656	0 113	0 115	-1 60
200	0 031	0 806	0 110	0 115	-4 36
			к _{ср} =0 115		
Температура реакции 55°C					
0	0 130	0	—	—	—
3	0 111	0 146	0 428	0 420	+ 1 87
9	0 080	0 384	0 379	0 420	-10 82
16	0 070	0 461	0 412	0 420	-1 94
30	0 050	0 615	0 446	0 420	+5 83
45	0 040	0 692	0 384	0 420	-9 37
90	0 020	0 846	0 470	0 420	+ 10 64
			к _{ср} =0 419		

Таблица 2.

Экспериментальные данные реакции омыления метилового эфира олеиновой кислоты едким натром и среде этилового спирта при эквимольном соотношении реагентов

Время, мни	Концентрация едкого натра, кмоль / м³	Степень омыления <i>x</i> , мол доли	Константы скорости, м³/кмоль мин		Ошибка ε, ± % (отн)
			к _{эксп}	к _{расч}	
Температура 44 °С					
0	0 430	0	—	—	
2	0 325	0 244	0 447	0 528	- 18 12
-10	0 130	0 697	0 536	0 528	+ 1 49
18	0 085	0 802	0 524	0 528	- 0 76
32	0050	0 884	0 558	0 528	+ 537
65	0 025	0 942	0 570	0 528	+ 7 36
120	0015	0 965	0 535	0 528	+ 1 31
			к _{ср} = 0 528

Рисунок 2. Кинетические кривые зависимости степени омыления от времени реакции 1,2- экспериментальные значения, полученные в среде этилового спирта (1-34°С, $C_{\text{жсо}}=0,16$ кмоль/м³, 2-55°С, $C_{\text{жсо}}=0,13$ кмоль/м³), 3,4,5-расчётные значения, полученные для водной среды (3-100°С, $C_{\text{жсо}}=1,6$ кмоль/м³, 4-100°С, $C_{\text{жсо}}=1,6$ кмоль/м³, 5-120°С, $C_{\text{жсо}}=1,6$ кмоль/м³)

Кинетику реакции нейтрализации изучали на смеси жирных кислот, полученных при термическом расщеплении миксов «животный жир - кокосовое масло» в соотношении 85 15. Как видно из рис 3, индукционный период на кинетических кривых реакции нейтрализации составляет ≈ 10 мин. Это обусловлено тем, что растворимость жирных кислот в щелочи несколько выше, чем триглицеридов и при достаточно хорошей эмульгируемой реакционной смеси площадь межфазной поверхности уже в начале реакции достигает значения, обеспечивающего протекание ее в кинетической области при постоянной скорости (участок II) с переходом к периоду падающей скорости (участок III).

Экспериментальное изучение кинетики омыления метиловых эфиров жирных кислот проведено с использованием метилового эфира олеиновой кислоты в среде этилового спирта и водной среде. Текущие концентрации реагентов определяли по величине непрореагировавшей щелочи титрованием.

Установка омыления жиров и масел едким натром и высаливания глицерина. Установка состоит из трех последовательно соединенных аппаратов реактора с рециркуляцией, вакуум-испарителя и сепаратора-отстойника (рис.2) Выбор такой технологической схемы обусловлен тем, что она наиболее полно соответствует кинетике реакции омыления и высаливания глицерина.

Для разработки практической схемы начальной стадии моющего процесса — адсорбции, был использован способ изучения, отражающий реальные процессы и заключающийся в том, что предварительно взвешенную загрязненную по ГОСТ 22567.15 «Средства моющие синтетические. Метод определения способности» [16], ткань обрабатывали в течение 3-6 с раствором натриевых солей жирных кислот 1% концентрации с последующего сушкой до постоянного веса при температуре 40°С. Результаты исследования приведены в табл.3.

Таблица 3.

Масса анионов мыла адсорбированных на загрязненной поверхности ткани

Параметры раствора		Время обработки ткани раствором, с	Размеры образца ткани, мм	Масса исходного образца (M_1), г	Температура сушки, °C	Масса высушенного образца (M_2), г	$\Delta M (M_2 - M_1)$, г
Концентрация, %	Температура, °C						
1,0	40,0	3	65,0x90,0	0,9490	40,0	0,9355	0,0133
1,0	40,0	4	65,0x90,0	0,9392	40,0	0,9258	0,0134
1,0	40,0	5	65,0x90,0	0,9574	40,0	0,9439	0,0135
1,0	40,0	6	65,0x90,0	0,9398	40,0	0,9262	0,0136

Как видно из представленных данных, на обеих сторонах исследуемых образцов ткани общей площадью $2S=1,17 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$, адсорбировалось $\Delta M=1,35 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$ анионов (молекул) мыла, что составляет около $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ мыла на каждый квадратный метр загрязненной поверхности. В работе были использованы два допущения. Первое – толщина адсорбционного слоя равняется длине углеводородного радикала наиболее длинной молекулы (в данном случае стеариновой кислоты) и составляет около $l=2,6 \cdot 10^{-9} \text{ м}$, второе – плотность адсорбционного слоя равна плотности твердого мыла и может составлять $\gamma=1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Тогда количество адсорбционных слоев K достигает значений равных $4,6 \cdot 10^2$:

$$K = \frac{\Delta M}{\gamma \cdot 2l} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^3 \cdot 2,6 \cdot 10^{-9}} = 4,6 \cdot 10^2 \quad |1|$$

То есть, с учетом погрешности эксперимента и сделанных допущений, можно полагать, что поверхностные слои анионов на загрязненной поверхности, в результате адсорбции, состоят более чем из одного монослоя, причем общее количество адсорбционных слоев может составлять 2 и более порядков.

При нанесении мыла на поверхность загрязненной ткани механическим способом, осуществляемым трехкратным движением куска по одной из сторон образца ткани площадью равной $5,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ средняя величина прироста массы высушенной ткани ΔM составила $1,17 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$. Следовательно, можно считать, что на поверхности равной 1 м адсорбировалось $2,0 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$ анионов (молекул) мыла:

$$\frac{1 \cdot \text{м}^3 \cdot 1,17 \cdot 10^{-4} \text{ кг}}{5,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \quad |2|$$

Тогда, при допущении в данном случае, бислойной структуры адсорбционных слоев, толщина которых равняется удвоенной длине углеводородного радикала наиболее длинной молекулы (стеариновой кислоты) и составляет $2l=5,8 \cdot 10^{-9} \text{ м}$, количество адсорбционных слоев K может увеличиться на порядок и достигнуть значений равных $3,5 \cdot 10^3$:

$$K = \frac{\Delta M}{\gamma \cdot 2l} = \frac{2,0 \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 10^3 \cdot 5,8 \cdot 10^{-9}} = 3,5 \cdot 10^3 \quad |3|$$

Примечательно, что количество адсорбционных слоев, как видно из расчетов, не является функцией (практически не зависит от) их толщины.

В общем виде схема адсорбционных слоев в начальный период моющего процесса представлена на рис.3.

1 – поверхность ткани, 2 – пленка загрязнения, 3 – водная фаза, 4 – адсорбционный слой. Н – общая толщина адсорбционных слоев.

Рисунок 3. Схема адсорбционных слоев в начальный период моющего процесса

Движущей силой начала процесса адсорбции является разница концентраций

$$\Delta C = C_m - C_0 \quad |4|$$

где C_m – концентрация мицеллярного моющего раствора, намного превышающая ККМ, и C_0 – концентрация анионов на поверхности загрязнения равная 0.

В результате в пограничном слое происходит диссоциация мицелл моющего раствора и свободные анионы, адсорбируясь на поверхности загрязнения, образуют монослой, углеводородные радикалы которого погружены в загрязнения (2). Мицеллы раствора являются поставщиками анионов и обеспечивают адсорбцию до полного насыщения на верхнем слое загрязнения. Строение монослоя служит прототипом дальнейшего структурирования системы, а свойства его определяются как природой загрязнений, так и длинами углеводородных радикалов анионов и степенью их ненасыщенности. Очевидно, что второй адсорбционный слой (4), является бислоем, представляющим собой мицеллу пластинчатого строения. Его структура формируется под одновременным влиянием моно слоя и мицелл исходного раствора, что определяет промежуточное значение его свойств. Образование третьего и последующих слоев протекает по этому же механизму. В результате образуется система бислоев, разделенных тонкими прослойками водной фазы (3).

Очевидно, что структура и свойства каждого слоя занимают промежуточное положение между предыдущим и по следующим слоями.

Следовательно, структура второго бислоя будет близка к структуре монослоя, а верхний слой адсорбционной системы будет соответствовать структуре и свойствам мицелл исходного раствора. Общая толщина N адсорбционных слоев с последовательно изменяющимися структурой и свойствами может составлять величину порядка $10^{-5} - 10^{-6}$ м.

Важно отметить, что в условиях эксперимента углеводородные радикалы анионов монослоя, длина которых составляет $2,6 \cdot 10^{-10}$ м, не достигают поверхности ткани (1), так как общая толщина загрязнений составляет, около $10^{-6} - 10^{-5}$ м.

Тогда моющую систему в условиях эксперимента можно представить в виде двухфазной системы: моющий раствор – загрязнения, а моющий процесс в начальной стадии – как послойное отделение части загрязнений от их общего массива.

Переход в трехфазную систему: моющий раствор – загрязнение-ткань достигается при толщине оставшихся загрязнений сопоставимой с длиной углеводородной части аниона. И именно на этой стадии начинается удаление загрязнения непосредственно с поверхности ткани.

Таким образом, в условиях проведенных экспериментов начальная стадия реального моющего процесса может быть представлена следующей схемой: *многослойная адсорбция → послойное удаление загрязнений → начало удаления загрязнения с очищаемой поверхности.*

Для исследования гидрофобизации поверхности очищенной ткани было сделано допущение о полном снятии загрязнения с исследуемого образца ткани в процессе стирки и последующие эксперименты были проведены с образцами незагрязненной ткани. Способ исследования заключался в том, что предварительно взвешенный образец незагрязненной ткани обрабатывали в течение 3-6 с раствором натриевых солей жирных кислот 1%-ной концентрации с последующей сушкой до постоянного веса при температуре 40°C . Затем ткань прополаскивали в режимах, соответствующих ГОСТу 22567.15 «Средства моющие синтетические. Метод определения моющей способности» и высушивали до постоянного веса при температуре 40°C . Результаты исследования представлены в табл.4.

Таблица 4.

Количество адсорбционных слоев анионов (молекул) мыла на поверхности чистой ткани

Время обработки ткани раствором, с	Масса исходного образца ткани (M_1), г	Масса обработанного образца ткани (M_2), г	ΔM ($M_2 - M_1$) г	Масса образца ткани после полоскания (M_3), г	ΔM_1 ($M_2 - M_1$) г	$\Delta M_1 \cdot 10^{-4}$ кг	K
3	0,8930	0,9128	0,0198	0,8950	0,0020	1,7	29
4	0,8743	0,8936	0,0193	0,8769	0,0026	2,0	34
5	0,8837	0,9032	0,0195	0,8868	0,0031	2,6	45
6	0,8692	0,8883	0,0191	0,8733	0,0041	3,5	60

Из представленных данных в табл.4. видно, что на поверхности выстиранной ткани после полоскания сохраняется $1,7 - 3,5 \cdot 10^{-4}$ кг/м² анионов (молекул) мыла, образующих около 29–60 адсорбционных слоев.

Отсюда следует, что многослойная адсорбция анионов является основополагающим актом всего моющего процесса – от его начальной стадии до окончательного удаления загрязнения при максимальном

разбавлении моющего раствора в режиме ополаскивания.

Заключение: Многослойная адсорбция анионов жирных кислот твердых мыл является основополагающим для установления моющих свойств объекта для окончательного удаления загрязнений с поверхности ткани. Что в свою очередь позволяет определить оптимальное время и условия для очистки тканей натровыми мылами.

Список литературы:

1. Арутюнян Н.С. Технология переработки жиров. М.: Пищепромиздат, 1998.
2. Бухштаб З.И., Мелник А.П., Ковалев В.М. Технология синтетических моющих средств. М.: Легпромиздат, 1988.
3. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров / Под ред. А.Г. Сергеева. Л.: ВНИИЖ, 1975. Т. 4.
4. Абрамзон А.Л., Григорьев С.М., Макагонова Н.Н. Влияние электростатических взаимодействий на адсорбцию ионогенных ПАВ на жидких поверхностях / Тр. Всесоюз. семинара по коллоидной химии пищевых и биоактивных дисперсных систем. М.: Наука, 1991. С.7-22.
5. Спитз Л. Технология производства мыла. М.: Академик Пресс и АОКС Пресс, 2016.
6. Росен М., Лиу Л. Сурфасе Астивити анд Премиселлар Аггрегашнн оф Соме Новее Дигятемари Гемини Сурфастанц // ЖАОСС. 1996. В.73. Н 7. П.885-890.
7. Товбин И.М., Залипо М.Н., Журавлева А.М. Производство мыла. М.: Книга по Требованию, 2014. 103 с.
8. Маматов М.М., Рахимов А.М., Амирсаидов Т.Е., Мажидов К.Х. Совершенствование технологии производства моющих средств// Журнал Масложировая промышленность,-2012г №3 С. 30-31
9. Почерников В.И. Адсорбция натриевых солей жирных кислот мыловаренных фракций на искусственно загрязненной и очищенной ткани// Журнал Масложировая промышленность,-2010 г № 2 С. 39-41
10. Дубовик О.А., Зинченко И.В., Лисицын А.Н. Процессы моющего действия мыл// Журнал Масложировая промышленность,-2008 г № 3 С. 34-37.
11. Поверхностно-активные вещества и моющие средства: Справочник / Под ред. А.А. Абрамзона. М.: Гиперокс, 1993.-242 с.
12. Сидоренко Т.А. Физиологические аспекты действия туалетного мыла, содержащего биологически активные добавки // Журнал Пищевая и перерабатывающая промышленность, 2006.-С. 317.
13. Симмонс У.Х., Эпплтон Х.А. Справочник по производству мыла. 2013. 340 с.
14. Полная технологическая книга по мылу; 2-е исправленное издание. Ашиа Пасифик Бизнес Пресс Инк., 2016. 496 с.
15. Херст Г.Х. Мыло: практическое пособие по изготовлению хозяйственного, туалетного и другого мыла. Скотт, Гринвуд и сын, 2012. 385 с.
16. С.С. Саидвалиев, Ж.С. Муротов, А.М. Рахимов, К.Х. Мажидов, М.Н. Рахимов “Современные аспекты научно-технологического обеспечения производства моющих средств высокого качества”, Международная научно-практическая конференция, г. Астана, 9-10 октября 2014 г.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА СОИ

*Хамроева Маргуба Комиловна**канд. биол. наук, доцент,**Денауский институт предпринимательства и педагогики**Республика Узбекистан, г. Сурхандаре**E-mail: marguba2184@mail.ru**Сабирова Наргиза Нусратовна**Ph.D, преподаватель:**Бухарского инженерно-технологического института**Республика Узбекистан, г. Бухара**E-mail: mega.sobirova@inbox.ru*

PHYSICO-CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF SOY BEAN GRAIN

*Marguba Khamroeva**Ph.D., assistant professor**Denau Institute for Entrepreneurship and Pedagogy**Uzbekistan, Surkhandar**Nargiza Sabirova**Ph.D, teacher,**Bukhara Engineering Technological Institute**Uzbekistan, Bukhara*

АННОТАЦИЯ

Средний образец методом квадратирувания отбирается следующим образом: обобщенный образец расстилается на гладкую поверхность в форме тонкого квадратного слоя. После чего слой зерна выравнивается ребровидной согнутой и односложной гладкой деревянной планкой, и держа с двух сторон, образец зерна разделяется посередине (по диагонали).

ABSTRACT

The average sample is selected by the squaring method as follows: the generalized sample is spread on a smooth surface in the form of a thin square layer. After that, the grain layer is leveled with a rib-shaped bent and one-sided smooth wooden plank, and holding on both sides, the grain sample is divided in the middle (diagonally).

Ключевые слова: зерно сои, метод квадратирувания, удельные эксплуатационные затраты, масса продукта, структурно-механические, физико-химические, биохимические и физико-тепловые свойства, обобщенный образец, абсолютно сухое вещество, эксикатор, муфельная печь

Keywords: soybean grain, squaring method, unit operating costs, product weight, structural-mechanical, physicochemical, biochemical and physical-thermal properties, generalized sample, absolutely dry substance, desiccator, muffle furnace.

Отбор образца и взвесей для анализа. Получение образца и отбор взвеси – по ГОСТ 13586.3–85. Анализы проводят по среднему образцу с массой не менее $(2,0 \pm 0,1)$ кг. Если масса обобщенного образца весит не более $(2,0 \pm 0,1)$ кг, то он принимается как средний образец. Если масса обобщенного образца превышает $(2,0 \pm 0,1)$ кг, то средний образец отбирается при помощи отделителя либо методом квадратирувания. Методом квадратирувания средний образец отбирается в следующем порядке: обобщенный образец расстилается на гладкую поверхность в форме тонкого квадратного слоя. После чего слой зерна выравнивается ребровидной согнутой и односложной гладкой деревянной планкой, и держа с двух сторон,

образец зерна разделяется посередине (по диагонали). Один из пары расположенных напротив треугольников убирается, а второй подготавливают к повторному разделению (процесс продолжается до достижения массы зерен $2,0 \pm 0,1$ кг в общем треугольнике).

Определение влажности зерен. Определение влажности проводят по ГОСТ 82041-82. Влажностью зерен является соотношение содержания воды к общей массе зерна в расчете в процентах. Влажность в составе зерна имеет большое значение в процессе его хранения и переработки. Влажное зерно имеет склонность к быстрому самонагреванию, и при непринятии своевременных мер состав зерна может полностью испортиться. В зернах с высокой

влажностью быстро и легко развиваются микроорганизмы и вредители. Также запрещается переработка зерен с высокой влажностью.

В зависимости от содержания влажности зерна разделяются четыре группы:

- сухие;
- средне сухие;
- влажные;
- мокрые.

Стандартный способ определения влажности.

Из среднего образца берут 300 г зерна и помещают в герметичную ёмкость. После достижения равности температур зерна и окружающей среды берут часть образца, и для выбора времени и режима сушки определяют влажность при помощи влагомера. Если влажность зерен не превышает 15,0% для овса и кукурузы и 17,0% для всех остальных зерновых, то эксперимент проводят без предварительной сушки зерен. При определении влажности без проведения предварительной сушки зерен берут два образца измельченных зерен и нагревают при 130°C в течение 40 минут. После боксы охлаждают в эксикаторах, взвешивают и определяют влажность зерна по следующему уравнению:

$$X_1 = 100 \cdot 1 - \frac{q_1 \cdot q_2}{q_2} + K$$

где: q_1 – масса измельченного зерна до проведения сушки, г;

q_2 – масса измельченного зерна после проведения сушки, г.

Натура зерна – объёмный вес 1 литра зерен в граммах, либо 1 гектолитра зерен в килограммах. Натура зерен определяется в основном в однолитровой или двадцатилитровой пурке. В пурке объёмом 20 литров определяется натура зерен, предназначенных для экспорта. Объёмный вес зерен является показателем оценки основных мучных свойств зерна: чем больше объёмный вес, тем больше муки можно получить из зерна. Наличие инородных примесей в зерне искажает показания объёмного веса, поэтому в целях разделения от инородных примесей исследуемое зерно проводят через сито диаметром 6 мм. Чем выше влажность зерна, тем ниже его объёмный вес. В зависимости от показателя натуры зерен определены категории зерен основных культур.

Порядок определения натуры зерна в однолитровой пурке является следующим:

- на столе открываем пурку и вынимаем все части из коробки;
- на лицевой части коробки устанавливаются весы, на левой стороне весов устанавливают чашу для весовых гирь, на правой же стороне наряду с опускаемым грузом устанавливают мерный цилиндр, и определяют их равновесие;
- над ножом ставят спусковой груз;
- на измеритель ставят наполнитель;
- воронкообразный цилиндр наполняют зерном и не раскачивая ставят на наполнитель;

- нажатием пальца медленно открывают воронку и спускают в цилиндр;

- быстро, не раскачивая вынимают нож, в результате груз и зерно попадают в измеритель;

- медленно вставляют нож на место, тем самым отделяют зерна более 1 литра, при этом вынимают вместе измеритель и наполнитель из коробки, и придерживая нож правой рукой, спускаем лишнее количество зерна;

- вынимают нож, измеритель вместе с зерном измеряют с точностью 0,5 г.

Кроме овса, для всех видов культур разница между двумя определенными результатами не должна превышать 5 г, а для овса не более 10 г.

Масса 1000 зерен – чем более высоким является данный показатель, тем более спелыми и крупными будут зерна. В результате выход продукта из переработанных зерен будет выше.

Определение зольности. Зольность зерна определяется путём обжигания зерен в муфельных печах с применением ускорителей, без ускорителей и при высоких температурах. Метод определения зольности без ускорителей является основным методом, и применяется в арбитражных случаях. Для определения зольности применяются следующие аппараты и реактивы:

- лабораторная мельница;
- весы аналитические;
- муфельная печь;
- экстрактор по ГОСТ 6371-64;
- фарфоровые тигли;
- щипцы для тиглей;
- сито №08 согласно ГОСТ 3924-47

В качестве ускорителей могут быть применены растворы азотной кислоты, спиртовой раствор ацетата магния.

Подготовка зерен к анализу проводится следующим образом. Вручную либо при помощи отделителя берут 30-50 г зерен из среднего образца и очищают от загрязнённых примесей, при этом не отделяют испорченные зерна, и измельчают на лабораторной мельнице до такого размера, чтобы продукты измельчения могли полностью проходить через сеточное сито №8.

Измельчённое зерно расстилают на стеклянную пластину размером 20x20 см, и при помощи двух ровных совков (либо картонных карточек) образуют ровный слой и разделяют; вторая стеклянная пластина того же размера размещается на первую и сдавливается таким образом, чтобы продукт создал ровный слой толщиной 3-4 мм. Снимают верхнюю стеклянную пластину, и при помощи малых совков с не менее 10 различных точек берут две порции весом 2-2,5 г, помещают в заранее нагретые до постоянной массы, охлажденные в эксикаторе и взвешенные фарфоровые тигли. Определение зольности без ускорителей считается основным способом. Тигли с взвесью ставят рядом с муфельной печью, разогретой до тёмно-красноватого цвета, и проводят углежжение взвеси, при этом препятствуют её возгоранию. После проведения здесь процесса сухой перегонки,

тигель с образцом помещают внутрь муфельной печи и закрывают дверцу, после чего муфельную печь разогревают до светло-красного цвета. Процесс жжения продолжают до полного исчезновения черных частей (продолжают до пепельного или пепельно-белого цвета). Охлажденные в эксикаторе тигли взвешиваются, после чего повторно обжигают не менее 20 минут, и если вес тигля с золой не меняется, можно считать определение зольности законченным; если их вес меняется на более 0,0002 г, обжигание повторяют. Если при повторном обжигании вес повышается, для расчетов берут меньшее количество. Повторно подсчитанная зольность относительно абсолютно сухим веществам в процентах определяется при помощи следующего уравнения:

$$X = \frac{1000 \cdot G}{g(100 - W)};$$

где: G – абсолютный вес золы, г;
 g – взвесь измельченного зерна
 W – влажность зерна, %

Определение зольности ведут двумя параллельными расчетами.

Разность между показателями параллельных опытов не должно превышать 0,05%. Взвеси для определения зольности взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0002 г. Результаты определения зольности указываются в документации качества зерна с точностью до 0,01%

Таблица 1.

Показатели качества зерна сои (2019 г)

Сорта сои	Показатели качества			
	Объемный вес, г/л	Влажность, %	Вес 1000 зерен, г	Зольность
Парвоз	810	12	142	4,2
Фортуна	800	11	146	4,1
Нафис	802	12	144	4,3
Дустлик	817	10	147	4,0

При анализе физико-химических показателей сортов зерен сои, взятых для проведения исследования, сорт Дустлик имеет больший объемный вес, как и

большую зольность, так как имеет высокое коркообразование. Все показатели остальных сортов сои почти аналогичны друг другу.

Список литературы:

1. Атабаева Х.Н.-Технология возделывания сои в Узбекистане -Т. Матбуот, 1989г.
2. Атабаева Х., Рузиев А. -Урожайность кукурузы и сои в повторных смешанных посевах - Ж.С-х. Узбекистана, 2000 г.
3. Горелов Е.П., Бабаяров М. - Соя на сероземах Узбекистана. Кормопроизводство, 1984 г.
4. Ёрматова Д., Н.Шамуратов – Донли экинларни етиштириш технологияси. Тошкент – 2012 й.
5. Ёрматова Д.Ё. – СОЯ. Самарканд- 1991й. 153 – бет.
6. Оценка качества зерна: Справочник / И.И. Василенко, В.И. Камаров. – М.: Агропромиздат, 1987. – 208 с
7. Оценка коррекции между показателями ИДК-1 и хлебопекарными свойствами зерна пшеницы / В.В. Колпакова, В.И. Жаринов, О.С. Хориков, Г.А. // Известия ВУЗов. Пищевая технология. –Краснодар,1990. –11 с.

ИЗНОС РАБОЧИХ ЛОПАТОК ДЫМОСОСОВ И УПРОЧНЯЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Эргашев Махмуд

старший преподаватель, Алмалыкский филиал
Ташкентского Государственного технического университета имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Алмалык,
E-mail: mahmudergashyev@gmail.com

Саъдуллаев Зарип Шарипович

ст. преподаватель, Алмалыкский филиал
Ташкентского Государственного технического университета имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Алмалык,
E-mail: sadullayevzarip@gmail.com

Рауфов Лазизбек Мухиджон угли

ассистент, Алмалыкский филиал
Ташкентского Государственного технического университета имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Алмалык,
E-mail: lazizbekraufov421@gmail.com

Ходжибекова Шохида Миродиловна

ассистент, Алмалыкский филиал
Ташкентского Государственного технического университета имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Алмалык,

WEAR OF THE WORKING BLADES OF THE SMOKE EXHAUSTERS AND REINFORCING COATINGS TO INCREASE WEAR RESISTANCE

Mahmud Ergashev

Senior lecturer,
Almalyk branch of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
UZB, Almalyk,

Zarif Saripovich

Senior lecturer,
Almalyk branch of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
UZB, Almalyk,

Lazizbek Raufov

Assistant,
Almalyk branch of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
UZB, Almalyk,

Shohida Khodjibekova

Assistant,
Almalyk Branch of Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
UZB, Almalyk,

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены причины износа рабочих колес дымососа ДОД41-500. Изучены условия эксплуатации, существующие способы восстановления и упрочнения поверхности рабочих лопаток. Для увеличения ресурса службы рабочих лопаток предложен способ комбинированной наплавки, которая имеет малую зону термического влияния, высокую прочность сцепления с поверхностью рабочих лопаток

ABSTRACT

The article discusses the reasons for the wear of the working rings of the DOD41-500 smoke exhauster. The operating conditions, existing methods of restoring and hardening the surface of the rotor blades have been studied. To increase the service life of the rotor blades, a method of combined surfacing is proposed, which has a small heat-affected zone, high adhesion strength with the surface of the rotor blades.

Ключевые слова: дымосос, абразивный износ, эрозия, газоабразивный износ, наплавка.

Keywords: smoke exhauster, abrasive wear, erosion, gas abrasive wear, surfacing.

Энергетические блоки бывших стран СНГ, использующие в качестве топлива уголь для удаления уходящих газов укомплектованы дымососами DOD-41-500. Температура уходящих газов на входе в диффузор дымососа находится в пределах 200-230 °С.

Техническая характеристика дымососа DOD41-500 приведены в табл. 1.

Таблица 1.**Техническая характеристика дымососа DOD41-500**

Наименование параметра	Значение
Диаметр рабочего колеса, м	4,1
Частота вращения рабочего колеса двигателя(синхронная), тах, об/мин	500
Установленная мощность двигателя, кВт	5000
Производительность на всасывании, м ³ /ч	1445000
Предельная температура перемещаемой среды на всасывании, °С	200
Предельная запыленность перемещаемой среды, г/м ³	0,5
Масса рабочего колеса первой и второй ступени, кг	5500

В потоке уходящего газа имеются твердые частицы золы различных форм и размеров. Фракция частиц меняется в зависимости от условий эксплуатации и находится в пределах 0,5-3,0 мм. Наличие твердых частиц и большая скорость потока уходящего газа сопровождается интенсивным эрозионно-абразивным износом проточной части дымососа, особенно лопаточного аппарата. Эрозионно-абразивный износ в этом случае называется еще газо-абразивным износом [1, 2].

В зависимости от фракции и веса твердых частиц их траектория во многих случаях не совпадают с направлением потока газов в проточной части дымососа. В результате соударения с поверхностями рабочих лопаток, направляющих аппаратов и защитной брони корпуса твердые частицы способствуют газо-абразивному износу поверхностей.

Соударение частиц вызывая эрозию поверхности рабочих лопаток, ухудшают аэродинамические характеристики дымососа. Появление питтингов на поверхности и в результате изменение формы лопаток оказывает определяющее влияние на аэродинамические характеристики дымососа.

На характеристику условий работы дымососа в основном оказывает влияние изменение геометрии лопаток и проточной части. Соударение оказывает сильное влияние на радиальное и окружное распределение частиц после каждого установленного по ходу потока неподвижных, рабочих и направляющих лопаток.

Отскоки частиц от поверхностей лопаток меняет их траекторию и скорость, притом скорость твердых

частиц после каждого отскока может быть отличной от скорости общего потока. Если учесть, что плотность твердых частиц еще могут отличаться друг от друга, то и траектории отскоков также различается между собой.

Расчет эрозионно-абразивного износа лопаток представляет очень сложную задачу. Износ зависит от многих факторов, таких как изменение геометрии лопаток в процессе эксплуатации, характеристики частиц, материала лопаток, от режима работы, разностью скоростей в осевом, окружном и радиальных направлениях и др. Так же меняется угол соударения частиц по ходу потока с поверхностями неподвижных, направляющих лопаток и лопатками I и II ступеней.

В результате износа лопаток уменьшается производительность дымососа и требуется изменение режима эксплуатации поворотом закрылков направляющих аппаратов на угол -25...30°.

Работа в таком режиме увеличивает вибрационные напряжения и способствует появлению усталостных трещин. Значительное ухудшение вибрационного состояния и связанное с ним развитие усталостных трещин может привести к поломке рабочих лопаток.

Интенсивному износу подвергаются входные кромки рабочих лопаток, обратная сторона выходных кромок. Износ входной кромки приводит к изменению траектории потока уходящих газов, изменению производительности и вибрационного состояния дымососа.

Наблюдения за работой дымососов показали, что при износе хорды лопаток до 60 мм, что составляет ориентировочно 10% от общей длины хорды, рабочая

мощность блока можно не ограничивать. Уменьшение же хорды более 110 мм вызывает снижение рабочей мощности энергоблока на 6-8%, что составляет в среднем 20-МВт. Уменьшение рабочей мощности связано недостатком тяги дымососов.

Лобовые части неподвижных лопаток и брони проточной части на местах установки поворотных закрылков также подвергаются износу отскакивающими частицами потока.

На интенсивность износа входных кромок лопаток сильно влияет содержание твердых частиц в потоке

газа. Лопатки заводского изготовления при сжигании угля Ангренского месторождения изнашиваются на 60-70 мм по хорде в среднем за 1000 час. –рис. 1. При образовании клиновидного участка с углом при вершине более 50° интенсивность износа начинает возрастать.

В период наработки блоков 3000-4000 ч. происходит ускорение износа за счет изменения профиля лопаток –рис. 2.

Рисунок 1.

Износ рабочей лопатки после наработки 1800 ч.

Рисунок 2.

Износ рабочей лопатки после наработки 4200 ч.

Износ входных кромок приводит к изменению траектории уходящих газов. Изменение траектории потока влечет за собой износ периферийной части лопатки и выходных кромок лопатки. Величина износа по высоте рабочей лопатки достигает 65-75 мм, выходных кромок 20-30мм.

В настоящее время в странах СНГ в зависимости от состояния лопаток применяются различные способы восстановления размеров, упрочнения поверхностей. В частности в энергосистеме России и Казахстана применяется плазменное напыление сплавом СМГН, наплавка электродами КБХ, Т-590, порошковой проволокой ПП-АН170, аргоно-дуговая наплавка, напайка твердосплавных пластин Т15К6. Восстановление и упрочнение наплавочными электродами Т-590 применяется широко из-за простоты выполнения наплавки на поверхностях лопаток, имеющих аэродинамически закрученные профили. Такая наплавка не обеспечивает эффективную защиту поверхности.

При наплавке электродами Т-590 основной металл нагревается до 1500° С, что вызывает рост зерен, твердости и хрупкости в зоне термического влияния и снижение пластичности, поверхность получается чешуйчатой, ухудшаются аэродинамические характеристики.

Опыт эксплуатации восстановленных и упрочненных лопаток показали, что значительная зона термического влияния, разность коэффициентов теплового расширения условия теплоотвода после наплавки могут вызвать усталостные трещины. В зоне максимальных напряжений происходит снижение усталостной прочности металла. Высокие значения сжимающих напряжений в наплавленном металле при знакопеременных напряжениях могут привести к разрушению лопаток.

В целях увеличения срока службы лопаток были проведены экспериментальные работы по наплавке изношенных участков комбинированной наплавкой.

Известно, что при сварке электродами с толстым покрытием на больших токах наблюдается мелкокапельный перенос металла с редкими замыканиями дугового промежутка. Наплавка электродами Т-590 в данном случае приводит к значительному увеличению зоны термического влияния и ухудшению механических свойств в зоне перехода основной металл-покрытие.

Повышенная твердость наплавленного металла при ударе твердых частиц о поверхность лопатки приводит к сколу участка металла.

Для уменьшения влияния зоны термического влияния, повышения качества поверхности наплавленного металла были проведены эксперименты комбинированной наплавкой. При комбинированной наплавке наплавленный металл состоит из слоя, обеспечивающего пластичность и прочность сцепления с металлом лопатки и твердого износостойкого слоя.

В начале накладываются ряд валиков электродами МР или АНО. Расстояние между валиками 7-9 мм. Далее накладывается валики электродом Т-590 или Т-620 между ранее наложенными валиками. Комбинированная наплавка при тех же режимах, как при обычной наплавке электродами Т-590, обеспечивает

струйный мелкокапельный перенос металла. Струйный мелкокапельный перенос обеспечивается за счет увеличения площади дуги ранее наложенными валиками. Уменьшается зона термического влияния, улучшается качество наплавленной поверхности.

Для установки новых рабочих лопаток двух ступеней необходимо более 700 кг электродов. Общая продолжительность ремонтных работ при замене рабочих лопаток составляет 14-16 суток.

Выводы

1. Наплавка износостойкими электродами не обеспечивают достаточный ресурс работы дымососов. Повышенная твердость наплавленного металла повышает его хрупкость, увеличивается зона термического влияния.

2. Для повышения эксплуатационных свойств восстановительные работы и упрочняющие наплавки при ремонте дымососов рекомендуется выполнять комбинированной наплавкой.

3. Профиль рабочих лопаток необходимо восстанавливать согласно заводских чертежей во избежание негативных влияний ремонтных работ на условия эксплуатации.

Список литературы:

1. Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Албагачиев А.Ю. Изнашивание при ударе. М. 1982 г.
2. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. –М.: Наука, 1970 - 128 с.
3. Крагельский И.В. Трение и износ. –М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.
4. Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. Вища школа. Киев. 1976.
5. Эргашев М., Саъдуллаев З.Ш. Гидроабразивный износ деталей насосов, работающих в абразивной среде. Сборник Кар ЭИИ. «Перспективы эффективного использования ресурсосберегающих инновационных технологий и технике в сельском хозяйстве», 2019 г. с. 398-400.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научный журнал

**UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№ 1(82)
Январь 2021

Часть 3

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

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

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