7universum.com

UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

Выпуск: 11(80)

Ноябрь 2020

Часть 5

Москва
2020

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. – № 11(80). Часть 5. М., Изд. «МЦНО», 2020. – 60 с. – Электрон. версия печ. публ. – <http://7universum.com/ru/tech/archive/category/1180>

ISSN : 2311-5122

DOI: 10.32743/UniTech.2020.80.11-5

Учредитель и издатель: ООО «МЦНО»

ББК 3

© ООО «МЦНО», 2020 г.

Содержание	
Электроника	5
ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ КВАНТОВОГО-РАЗМЕРНОГО ЭФФЕКТА	5
Касимов Фаррух Унванович	
Электротехника	8
ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК	8
ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ	
Абдуллаев Мухаммадсайфулло	
Ахмадалиев Уткирбек Акрамжонович	
Маткасимов Мухаммадсодик Махамад Хашим угли	
Хайдаров Хумоюн Мухтор угли	
ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ	12
Абдуллаев Мухаммадсайфулло	
Маткасимов Мухаммадсодик	
Каримжонов Дилёрбек	
АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ДЕФЕКТЫ И ИХ ПРОФИЛАКТИКА	15
Мухторов Абдулло Файзуллаевич	
Гафуров Мирзохид Орифович	
Норбоев Аббос Аскарлович	
НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ С НЕПРЕРЫВНЫМИ	17
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	
Мухторов Абдулло Файзуллаевич	
Гафуров Мирзохид Орифович	
Аннаев Зиёдилло Йулдошевич	
Энергетика	22
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ КАБЕЛЬНО-ПРОВОДНИКОВОЙ ПРОДУКЦИИ	22
ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ НАЛОЖЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ	
Иванова Вера Павловна	
Цыпкина Виктория Вячеславовна	
Турабеков Айбек Улугбекович	
Бокижонов Убайдулла Абдушукур угли	
Атажиев Шохрух Миразам угли	
ВЛИЯНИЕ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОКОПРОВОДЯЩЕЙ ЖИЛЫ	29
НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАБЕЛЬНО-ПРОВОДНИКОВОЙ	
ПРОДУКЦИИ	
Иванова Вера Павловна	
Цыпкина Виктория Вячеславовна	
Акбаров Фаррух Анвар угли	
Носирова Дилдора Анваровна	
Муминов Хумоюн Асрор угли	
АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ	35
ФЕРМ	
Оразбекова Асем Камбаровна	
Ибраев Кудайберген Айтжанович	
ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСА РЕЦИКЛИНГА КАБЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ	39
ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ	
Цыпкина Виктория Вячеславовна	
Иванова Вера Павловна	
Исамухамедов Дилшод Нигматуллаевич	
Атамухамедова Раъно Фазилджановна	
Таирова Нигора Джахонгировна	
Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение	45
ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПОДГОТОВКЕ ОТВАЛЬНЫХ ШЛАКОВ	45
МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ПЕРЕРАБОТКИ	
Аскарова Нилуфар Мусурмановна	
Самадов Алишер Усманович	

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕПЛООБМЕННИКАХ	48
Сунил Верма	
Султанова Шахноза Абдувахитовна	
Сафаров Жасур Эсиргапович	
СОЛНЕЧНЫЕ ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ,	51
КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И РАСЧЁТ ОТДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ	
Эргашев Сирожиддин Фаязович	
Нигматов Улугбек Журакузиевич	

ЭЛЕКТРОНИКА

ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ КВАНТОВОГО-РАЗМЕРНОГО ЭФФЕКТА

*Касимов Фаррух Унванович**исследователь,
Андижанский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: sciencehub@mail.ru*

TECHNOLOGY OF TEACHING QUANTUM-SIZE EFFECTS

*Farrukh Kasimov**Researcher of Andijan State University,
Republic of Uzbekistan, Andijan*

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена технологии обучения студентов квантово-размерным эффектам. Сегодня в каждой семье можно увидеть сенсорные телефоны, планшеты, компьютеры и различные современные телевизоры. Микроэлектроника отвечает за то, как эти устройства сделаны и как они работают. Конечно, чтобы понять микроэлектронику, необходимо знать квантовые размерные эффекты. Растет интерес к изучению элементов квантовой физики в формировании новых идей в этой области. Это, в свою очередь, требует разработки инновационных технологий обучения элементам квантовой физики в колледжах.

ABSTRACT

The article is devoted to the technology of teaching students to quantum-size effects. Today in every family you can see touchscreen phones, tablets, computers and various modern TVs. Microelectronics is responsible for how these devices are made and how they work. Of course, to understand microelectronics, one needs to know quantum size effects. There is a growing interest in studying the elements of quantum physics in the formation of new ideas in this area. This, in turn, requires the development of innovative technologies for teaching the elements of quantum physics in colleges.

Ключевые слова: нанотехнология, квантово-размерный эффект, сенсор, нанофизика, наноматериалы, наноструктуры.

Keywords: nanotechnology, quantum size effect, sensor, nanophysics, nanomaterials, nanostructures.

Развитие общества сегодня невозможно представить без достижений физики. Государственный образовательный стандарт и учебные программы ПТУ отражают актуальные проблемы преподавания физики. Выявлена потребность студентов профессиональных колледжей в изучении природных явлений на научной основе. В частности, согласно учебной программе по физике студенты профессиональных колледжей должны знать законы квантовой физики и знать физический ландшафт Вселенной; уметь объяснять природные явления на основе физических законов; уметь применять, представлять и анализировать законы физики. Кроме того, благодаря быстрому развитию науки и технологий, особенно микроэлектроники, появились новые области с добавлением «нано» (10⁻⁹), и создаются соответствующие нанотехнологии, наноматериалы, наноструктуры.

Сегодня мы можем видеть сенсорные телефоны, планшеты, компьютеры в каждой семье, различные

современные телевизоры в руках молодежи. Как сделаны эти устройства? Каков принцип работы таких устройств? Микроэлектроника отвечает на аналогичные вопросы. Конечно, чтобы понять микроэлектронику, необходимо знать квантовые размерные эффекты. Растет интерес к изучению элементов квантовой физики в формировании новых идей в этой области. Это, в свою очередь, требует разработки инновационных технологий обучения элементам квантовой физики в профессиональных колледжах. В настоящее время для студентов практически нет литературы по нанофизике и нанотехнологиям на узбекском языке. Книги, вышедшие в 2014 году [1,3], пока недоступны для читателей. Эти учебники должны использоваться в академических лицеях, медицинских и технических колледжах. В этой статье описывается технология обучения элементам квантовой физики, в частности связанные с ней квантовые размерные эффекты.

Известно, что слово «квант» впервые было введено в физику в конце 1900-х годов немецким физиком Максом Планком, что означает мельчайший кусок энергии. Следовательно, «квант» - это наименьшее неделимое количество энергии, которое может быть произведено или поглощено, что определяется формулой $\varepsilon = h\nu$ (1). В этом случае $h = 6,6285 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{сек}$ - это постоянная, называемая постоянной Планка, частота ν - излучения. Квантовые размерные эффекты определяются как процессы, которые происходят, когда минимальное неделимое количество энергии, которое может быть излучено или поглощено, равно. Другими словами, квантовый размерный эффект - это состояние, при котором произвольный геометрический размер кристалла равен длине волны де Бройля, т.е.

$$\lambda_b = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \quad (2)$$

где $P = mv$ - импульс частицы. В этом случае квантуется движение носителей тока в направлении, геометрический размер которого меньше длины волны де Бройля.

Для объяснения этого явления рассмотрим движение электронов в тонком металлическом или тонком слое полупроводника толщиной L (рис. 1). В этом случае можно предположить, что электроны существуют в потенциальной зоне, ширина которой L вдоль оси Z и энергетическая высота равна работе выхода электронов. Если электроны в тонком слое свободно перемещаются по поверхности, они не могут двигаться вдоль оси Z , иначе они не будут принадлежать тонкому слою. Энергия электронов в такой потенциальной среде квантуется согласно законам квантовой механики. Остается самое дискретное значение E_n , n - это набор целых чисел. Такие дискретные значения энергии называются уровнями размерного квантования.

Рисунок 1. Движение электронов в тонком металлическом или тонком слое полупроводника толщиной L

Есть два, один даже нульмерный тип, в зависимости от образования квантово-размерных эффектов. В большинстве случаев учащимся трудно

понять физическую природу квантовых или квантово-размерных эффектов. Это негативно сказывается на их восприятии этих концепций. Имея это в виду, рассмотрим следующий пример, чтобы подробно понять механизм проявления квантовых размерных эффектов.

Известно, что частица в космосе может свободно перемещаться по осям XYZ (рис. 2а). Он может изменять состояние частицы на уровни E_x , E_y , E_z . Если мы произвольно ограничим движение частицы по оси Z , например, частица будет свободно перемещаться по осям XY , меняя свое положение на уровни E_x , E_y (рис. 2б). Такое состояние частицы называется двумерным эффектом. Если ограничить движение частицы по произвольной, например, оси ZY , она будет свободно перемещаться только по оси X (рис. 2с). В этом случае он только изменяет состояние частицы на E_x -уровни. Такое состояние частицы называется одномерным эффектом. Кроме того, если ограничить движение частицы по всем осям, она вообще не сможет двигаться (рис. 2д). Такое состояние частицы называется нульмерным эффектом. Следовательно, возникновение размерного эффекта зависит от движения частицы по осям XYZ .

Сегодня можно получить различные квантованные структуры, используя современные технологии. В них движение носителей тока ограничено во всех направлениях. В этом случае отсутствует непрерывно изменяемый предел в энергетическом спектре, зоны состоят из набора уровней энергии дискретного значения. Они представлены тремя дискретными квантовыми числами n, m, l как в атоме. $n = 1, 2, 3, \dots, \infty$ - числовые значения, которые называются простыми квантовыми числами. $l = 1, 2, 3, \dots, n-1$, которое называется орбитальным квантовым числом. $m = -l, \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, l$ - числовые значения, которые называют магнитным квантовым числом. $E = E_{nml}$ можно сохранить в поле зрения. В этом случае, как и в атоме, уровни энергии могут быть идентичными, т.е. Двойными, и характеризоваться хотя бы одним квантовым числом. Такие системы называются нульмерными электронными структурами или квантованными точками.

Рисунок 2. Перемещение частицы

Таким образом, в структурах, где геометрический размер носителей тока по крайней мере в одном направлении меньше длины волны де Бройля, энергетический спектр носителей тока резко изменяется по своей природе, становясь частично или полностью дискретным. Процессы размерного квантования спектра существенно изменяют электронные, оптические, кинетические, механические свойства системы, а также постоянную Холла, магнетизм.

Уместно привести пример работы сенсорных телефонов при формировании у студентов представлений о применении таких тонкопленочных

слоев. На таких примерах он позволяет студентам правильно сформировать мировоззрение о наноструктуре.

Студенты также узнали на уроках химии, что состояния электронов меняются в соответствии с этими квантовыми числами в зависимости от материала тонких пленок, в которых наблюдаются квантово-размерные эффекты. Конечно, учителя физики должны использовать это эффективно. В целом, преподавание физики и химии требует специальных методических разработок в системе образования по вопросам специфики и общности передачи учащимся свойств атомов веществ.

Список литературы:

1. Олимов Л.О. Основы нанофизики. Ташкент, New Age Generation, 2014. 140 стр.
2. Стандарт и учебная программа ПТУ.
3. Тешабоев А.Т., Зайнобиддинов С.З., Исмоилов К.А., Эрматов Ш.А., Абдуазимов В.А. Физика, химия и технология наночастиц. Ташкент, «Тафаккур бустони» 2014.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК
ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ****Абдуллаев Мухаммадсайфулло**

ст. преподаватель кафедры «Электротехники, электромеханики и электротехнологий»,
Андижанского машиностроительного института,
Республика Узбекистан, г. Андижан

Ахмадалиев Уткирбек Акрамжонович

старший преподаватель кафедры «Альтернативные источники энергии»
Андижанского машиностроительного института,
Республика Узбекистан, г. Андижан

Маткасимов Мухаммадсодик Махамад Хашим угли

ассистент кафедры «Электротехники, электромеханики и электротехнологий»
Андижанского машиностроительного института,
Республика Узбекистан, г. Андижан

Хайдаров Хумоюн Мухтор угли

ассистент кафедры «Альтернативные источники энергии»
Андижанского машиностроительного института,
Республика Узбекистан, г. Андижан

**INCREASING PRODUCTIVITY OF INDUSTRIAL PLANTS APPLICATION
OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES****Muhammadsayfullo Abdullayev**

Senior teacher
The faculty "The electrotechnics, electromechanics and electrotechnologies",
Andizhan machine-building institute,
Uzbekistan, Andizhan

Utkirbek Ahmadaliyev

Senior teacher,
The faculty "Alternative energy sources" Andizhan machine-building institute,
Uzbekistan, Andizhan

Matqosimov Muhammadsodiq Maxamad Hoshim ugli

Assistant,
The faculty "The electrotechnics, electromechanics and electrotechnologies",
Andizhan machine-building institute,
Uzbekistan, Andizhan

Haydarov Humoyun Muxtor ugli

Assistant,
The faculty "The electrotechnics, electromechanics and electrotechnologies",
Andizhan machine-building institute,
Uzbekistan, Andizhan

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены вопросы энергосбережения, снижение потерь активной мощности за счёт применения новых серий асинхронных двигателей в электроприводах производственных механизмов, дан сравнительный анализ энергетических показателей стандартных и новых серий асинхронных двигателей. В статье также приведены перспективные направления систем автоматического регулирования координат электроприводов, которые способствуют повышению производительности производственных механизмов.

ABSTRACT

The article discusses energy saving, reducing active power losses due to the use of new series of induction motors in electric drives of production mechanisms, gives a comparative analysis of the energy performance of standard and new series of induction motors. The article also presents promising areas of automatic control of the coordinates of electric drives, which contribute to increasing the productivity of production mechanisms.

Ключевые слова: Энергосбережение, электропривод, преобразователь частоты, оптимальное управление, энергетические показатели, рабочий орган производственного механизма, энергоэффективность, системы управления, коэффициент полезного действия, коэффициент мощности, электропривод с подчинённым регулированием координат.

Keywords: Energy saving, electric drive, frequency converter, optimal control, energy performance, working body of the production mechanism, energy efficiency, control systems, efficiency, power factor, electric drive with subordinate coordinate control.

С развитием технического процесса возникает потребность автоматизации и механизации технологических процессов производства, что в свою очередь приводит к повышению спроса в потребности электрической энергии. С каждым днём это потребность растёт не только в промышленном производстве, но и в сельском хозяйстве, а также в сфере обслуживания. Но запасы энергетических ресурсов, каковыми являются газ, нефть и уголь не безграничны. Кроме этого добыча и переработка этих видов топлива требует колоссальных затрат.

В настоящее время основой энергосберегающих технологий являются управляемые преобразователи постоянного и переменного тока, системы управления которых основано на микропроцессорном управлении.

Более 60% электрической энергии, вырабатываемая во всём мире, преобразуется в механическую энергию в асинхронных двигателях. Вместе с этим развитие преобразовательной техники, появление транзисторов, работающих при больших токах и напряжениях, а также широкое применение микропроцессорных систем управления резко сужают области применения электрических приводов постоянного тока. Также известно, что асинхронные двигатели просты в конструкции и в три раза дешевле чем двигатели постоянного тока [3].

Повышение производительности промышленных установок возможна применением эффективных способов регулирования скорости электроприводов. Регулирование скорости асинхронных двигателей осуществляется изменением напряжения, подаваемого в цепь статора, изменением числа пар полюсов, введением в цепь ротора добавочного сопротивления, изменением частоты питающего напряжения (тока). Из этих способов регулирования самым экономичным и эффективным является частотное регулирование скорости асинхронных двигателей и этот способ широко применяется во всём мире.

В настоящее время можно выделить следующие перспективные направления систем автоматического регулирования координат электроприводов:

- Система подчинённого контурного регулирования – регулирование отдельной координаты (момента, тока, скорости и т.д.) с помощью отдельного регулятора, этим обеспечивается высокая точность и повышенная производительность.
- Система числового программного управления – быстрое истечение технологических процессов, снижение потерь мощности и повышение энергоэффективности.
- Использование энергосберегающей элементной базы – асинхронные двигатели новых серий А5, А6, А7, синхронных двигателей на основе постоянных магнитов, вентильные двигатели. Применение этих элементов обеспечивает надёжность, качество работы и долговечность.
- Энергоэффективные статические преобразователи – тиристорные регуляторы напряжения, преобразователи частоты и др.
- Энергосберегающие способы управления – системы широтно-импульсного регулирования и моделирования [1].

Примерами таких технических разработок являются изделия следующих зарубежных производителей: SOLCON (Израиль), TOSHIBA (Япония), SIEMENS (Германия), DELTA (Китай), ABB (Европа) и др.

При проектировании асинхронных двигателей с наименьшими потерями мощности требуется решать сложные и противоречивые задачи:

- уменьшение активного сопротивления обмоток статора за счёт увеличения поперечного сечения проводников и тем самым снизить потери мощности в обмотках статора. Но с другой стороны увеличение сечения проводников обмоток приводит к увеличению габаритов двигателя;
- снижение потерь активной мощности в обмотках статора за счёт уменьшения числа активных

проводов в пазах статора. Недостатком этого способа является увеличение пускового тока за счёт увеличения магнитной индукции, что приводит к понижению коэффициента мощности. Но с другой стороны оптимальное уменьшение числа обмоток способствует повышению к.п.д. двигателя;

- увеличение воздушного зазора между статором и ротором приводит к уменьшению потерь мощности, вызванные высокочастотными гармониками магнитного поля. Но увеличение воздушного зазора приводит к снижению коэффициента мощности;

- применение электротехнической стали с большим содержанием кремния в сердечниках способствует к уменьшению потерь на гистерезис, магнитное сопротивление такой стали намного больше чем у углеродистой стали. Недостаток – понижается коэффициент мощности двигателя;

- применение тонкостенных стальных листов в сердечниках двигателей уменьшают потери мощности от вихревых токов;

- применение стержней большого сечения в короткозамкнутых асинхронных двигателях приво-

дит к увеличению их проводимости, что в свою очередь снижаются потери активной мощности в роторе двигателя. Недостаток – крутящий момент и напряжение при пуске снижаются до такой величины, вследствие чего двигатель не сможет достичь номинальной скорости;

- устранение несовместимости пазов ротора приводит к снижению добавочных потерь мощности, но устранением этой несовместимости повышается шумность работы двигателя до 2-5 дБ [2].

В настоящее время фирмой TOSHIBA (Япония) разработаны новые серии трёхфазных асинхронных двигателей с высокими энергетическими показателями. В этих двигателях использованы электротехническая сталь высокого качества и изоляционные материалы с улучшенными свойствами, у них хорошие пусковые и рабочие характеристики, относительно уменьшены габаритные размеры и вес. Отличительной особенностью новых серий асинхронных двигателей в том, что у них потери мощности на 10-20% меньше чем у стандартных двигателей (рис.1).

Рисунок 1. Диаграмма потерь мощности стандартных (1) и новых (2) серий асинхронных двигателей

Для уменьшения потерь мощности в статоре, роторе и сердечнике использованы электротехническая сталь высокого качества и увеличен коэффициент заполнения пазов статора, тем самым увеличена площадь поперечного сечения сердечника, что в свою очередь снижены потери мощности на 8%. В новых

сериях АД за счёт применения изоляционных материалов, изготовленных по инновационным технологиям, добавочные потери уменьшены на 7%.

Ниже в таблице приведены сравнительные показатели потерь мощности стандартных и новых серий асинхронных двигателей.

Таблица 1.

Сравнительные показатели потерь мощности стандартных и новых серий асинхронных двигателей

№	Потери мощности	Стандартные АД (%)	Новые серии АД (%)
1	Потери активной мощности в обмотках статора и ротора	50	47
2	Потери мощности в магнитной системе	30	25
3	Механические потери мощности	5	5
4	Добавочные потери	15	8
5	Полные потери мощности	100	85

Во 2-таблице показаны сравнительные энергетические показатели стандартных и новых серий асинхронных двигателей.

Таблица 2.

Сравнительные энергетические показатели стандартных и новых серий асинхронных двигателей

Номинальная мощность, кВт	Стандартные АД		Новые серии АД	
	К.п.д., %	cosφ	К.п.д., %	cosφ
0,75	76,0	0,71	81,5	0,84
18,7	89,0	0,83	91,0	0,865

Таким образом применение новых серий асинхронных двигателей намного повышают производи-

тельность производственных механизмов, что положительно сказывается на качестве и себестоимости продукции.

Список литературы:

1. Бердиев У.Т., Пирматов Н.Б. Электромеханика. – Т. Шамс-ASA, 2014.
2. Г.Б. Онищенко, Электрический привод. – М. Академия, 2006.
3. A.A. Khashimov, I.K. Pampias, Energy saving Solid State Drives. Asynchronous Motors for Technological Machines and Installations; ISBN 978-960-93-3063-3, Athens, 2011

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ

Абдуллаев Мухаммадсайфулло

старший преподаватель
кафедры «Электротехники, электромеханики и электротехнологий»
Андижанского машиностроительного института,
Республика Узбекистан, г. Андижан

Маткасимов Мухаммадсодик

ассистент
кафедры «Электротехники, электромеханики и электротехнологий»
Андижанского машиностроительного института,
Республика Узбекистан, г. Андижан
E-mail: keenjon7@gmail.com

Каримжонов Дилёрбек

ассистент
кафедры «Электротехники, электромеханики и электротехнологий»
Андижанского машиностроительного института,
Республика Узбекистан, г. Андижан

APPLICATION OF LINEAR MOTORS IN ELECTRIC DRIVES

Muhammadsayfullo Abdullayev

Senior teacher,
The faculty "the electrotechnics, electromechanics and electrotechnologies"
Andizhan machine-building institute
Uzbekistan, Andijan

Muhammadsodiq Matqosimov

The faculty "the electrotechnics, electromechanics and electrotechnologies"
Andizhan machine-building institute
Uzbekistan, c. Andijan

Dilyorbek Karimjonov

Assistant,
The faculty "the electrotechnics, electromechanics and electrotechnologies"
Andizhan machine-building institute
Uzbekistan, Andijan

АННОТАЦИЯ

В настоящей статье рассмотрены преимущества применения линейных электродвигателей в электроприводах по сравнению с другими видами приводов, виды линейных электроприводов с линейными асинхронными и линейными синхронными двигателями, области применения электроприводов с линейными двигателями. В статье приводятся технические и экономические характеристики некоторых типов линейных двигателей, подробно описаны возможности линейных электродвигателей серии RACO COMPACT, "Mars".

ABSTRACT

This article discusses the advantages of using linear electric motors in electric drives in comparison with other types of drives, types of linear electric drives with linear asynchronous and linear synchronous motors, areas of application of electric drives with linear motors. The article provides technical and economic characteristics of some types of linear motors, the capabilities of linear electric motors of the RACO COMPACT, "Mars" series are described in detail.

Ключевые слова: Линейный электродвигатель; актуаторы; ЛАД – линейный асинхронный двигатель; ЛСД - линейный синхронный двигатель; прямой привод; точность позиционирования; динамичность; надёжность; компактность; гибкость, программное управление; переналаживаемость; линейные двигатели с односторонней и двухсторонней магнитной дорогой; робототехнические системы, транспортные системы, многокоординатные станки с ЧПУ, обрабатывающие центры.

Keywords: Linear electric motor; actuators; LAD - linear asynchronous motor; LSD - linear synchronous motor; direct drive; positioning accuracy; dynamism; reliability; compactness; flexibility, programmed control; adaptability; linear motors with one-way and two-way magnetic road; robotic systems, transport systems, multi-axis CNC machines, machining centers.

В большинстве электроприводов применяются двигатели вращательного движения. При использовании их для привода рабочих машин и механизмов с поступательным движением исполнительных органов (механизмов подачи металлообрабатывающих станков, передвижения мостовых кранов, кузнечно-прессовых машин, транспортёров, задвижек и т.д.) требуется применение механических передач для преобразования вращающего движения вала в поступательное. К ним относятся кривошипно-шатунный механизм, передачи шестерня – рейка, винт – гайка и др.

Следовательно появилось стремление использовать в таких ЭП двигатель поступательного движения, что позволило бы отказаться от применения ме-

ханической передачи и таким образом повысить технические и экономические показатели работы электроприводов и технологического оборудования. Реализация этого стремления выразилась в разработке линейных двигателей постоянного переменного тока, в частности ЛАД – линейный асинхронный и ЛСД - линейный синхронный двигатели [1].

Линейный двигатель состоит из металлического сердечника-магнита и статорной обмотки. При подаче тока определенной полярности в обмотку сердечник сместится в ту или иную сторону, причем практически мгновенно. Изменение полярности сигнала на обмотку приведет к обратному ходу сердечника. Линейный асинхронный двигатель можно представить как распиленный электромотор с одной стороны и распрямленный в одну линию.

1 – обмотка ротора; 2 – ротор; 3 – статор; 4 – обмотка статора; 5 – трубчатый статор; 6 – катушка статора; 7 – металлические шайбы; 8 – подвижный элемент; 9 – перемещаемые изделия; 10 – металлическая лента; 11 – барабаны; 12 – статор.

Рисунок 1. ЛАД плоской (а), трубчатой (б) конструкций и схема ЭП транспортёра с ЛАД (в)

Линейные двигатели для переменного и постоянного напряжения ещё называются актуаторами, при помощи которых можно передвигать большие грузы точным и надёжным способом. Актуаторы являются хорошей заменой гидравлическим или пневматическим приводам. Основой системы является электродвигатель с винтовой или шариковинтовой передачей, преобразующей вращение в движение штока.

Электроприводы с линейными двигателями имеют ряд преимуществ перед пневматическими или гидравлическими приводами:

- не требуется подвод энергии в промежуточных положениях движения или во время остановки;
- нет масляных протечек, безопасен для окружающей среды;
- малые затраты на эксплуатацию и обслуживание.

Электроприводы с линейными двигателями коротко называют прямым приводом. Прямой привод – это электрическая машина с непосредственным преобразованием электромагнитной энергии в линейное или поворотное перемещение. Область применения

прямого привода очень разнообразна – это производство полупроводниковых изделий и радиоэлектроники, системы перемещения предметов, медицинская техника, оборудование для торговли и бытовая техника, электротранспортные системы, оборудование для упаковки, промышленные станки и технологическое оборудование, полиграфическое оборудование и множительная техника, военная техника.

Линейные двигатели обладают рядом преимуществ:

- точность позиционирования в области нанометров, высокая равномерность хода, высокая статическая жесткость привода. Суммарная ошибка по координате не более 10мкм при величине перемещения до 1м;
- динамичность, высокие ускорения, высокие конечные скорости, до 9 м/с;
- надёжность, отсутствие износа и высокая точность в течение всего срока службы изделия, низкие уровни шума и вибрации, малое число компонентов, образующих систему;

- компактность, малые габариты, легкая интеграция в имеющиеся конструкции;
- гибкость, программное управление и перенастраиваемость, системы с несколькими подвижными каретками и многокоординатные системы, малое количество компонентов в системе, простота, удобство монтажа и настройки [1].

Линейные электродвигатели серии RACO COMPACT известны благодаря своими небольшими размерами и большой мощности. RACO COMPACT хорошо подходит для очень частых и повторяющихся движений. Имеющиеся модели перекрывают мощности в широком диапазоне (усилие до 4-х тонн!). RACO COMPACT с мотором переменного тока рассчитаны на напряжения 230 VAC / 400 VAC или 24 VAC.

Различают линейные двигатели с односторонней и двухсторонней магнитной дорогой. Линейные двигатели "Mars" серии 1ML – двигатели с односторонней магнитной дорогой. Между якорем и магнитной дорогой большая сила притяжения – идеальный вариант для систем, где необходимо создать предварительное натяжение подшипника. Предварительное натяжение убирает люфты в направляющих. Особенностью двигателей данной серии являются малые габариты и легкая интеграция в имеющиеся

конструкции. Они применяются в следующих областях: машиностроение, транспортные и робототехнические системы, высоко динамичное оборудование, станки, системы оптического контроля и лазерной резки, упаковочные машины.[3]

Линейные двигатели "Mars" серии 2ML – это синхронные симметричные двигатели с двухсторонней магнитной дорогой. Малый воздушный зазор между якорем и магнитной дорогой (0.6мм) обеспечивается линейными направляющими качения. Между магнитной дорогой и якорем небольшая сила притяжения, т.е. небольшая нагрузка на линейные направляющие, а значит – максимальное время жизни направляющих, высокие динамические характеристики. Применения: машиностроение, робототехнические системы, транспортные системы, многокоординатные станки с ЧПУ, обрабатывающие центры, требующие максимальных динамических характеристик.

Основные характеристики:

- Диапазон тяговых усилий 130-1000 N;
- Кратность максимального усилия 2-3;
- Встроенный датчик тепловой защиты;
- Степень защиты IP65;
- Класс нагревостойкости изоляции F.

Список литературы:

1. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. М.: Академия, 2007.
2. Москаленко В.В. Электрический привод. М.: Академия, 2007.
3. Онищенко Г.Б. Электрический привод. М.: Академия, 2006.

АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ДЕФЕКТЫ И ИХ ПРОФИЛАКТИКА**Мухторов Абдулло Файзуллаевич**

ассистент,
Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара

Гафуров Мирзохид Орифович

ассистент,
Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: mirzohidgafurov17@gmail.com

Норбоев Аббос Аскарлович

магистрант,
Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара

ASYNCHRONOUS MACHINES, ARISING DEFECTS AND THEIR PREVENTION**Abdullo Mukhtorov**

Assistant
of Bukhara Engineering Technological Institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

Mirzokhid Gafurov

Assistant
of Bukhara Engineering Technological Institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

Abbos Norboyev

Student
of Bukhara Engineering Technological Institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

АННОТАЦИЯ

В статье представлен теоретический анализ причин распространенных неисправностей асинхронных двигателей, широко используемых на промышленных предприятиях, и представлены меры по их устранению.

ABSTRACT

The article presents a theoretical analysis of the causes of common malfunctions of asynchronous motors, widely used in industrial enterprises, and measures to eliminate them.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, электрическое повреждение, механическое повреждение, авария в сети, износ изоляции, внешние повреждения, вибрация, надежность.

Keywords: asynchronous motor, electrical damage, mechanical damage, network failures, insulation wear, external damage, vibration.

В настоящее время в системах электропривода промышленных предприятий используются в основном асинхронные машины, поэтому их недостатки существенно сказываются на производительности труда на предприятии.

Очень высокая эффективность может быть достигнута даже при частичной профилактике неисправностей в асинхронных машинах. Для этого нам необходимо выявить текущие недостатки асинхронных машин и предотвратить или устранить их.

Асинхронные двигатели в основном повреждаются во время движения, перегрузки, реверса и торможения. Поврежденные двигатели будут отремонтированы в установленном порядке.

Сегодня доля восстановленных асинхронных двигателей в производстве растет. Из-за неполного применения технологии ремонта можно заметить, что параметры работы двигателя не соответствуют паспортным данным. Снижение мощности двигателя оказывает значительное влияние на выбросы.

Повреждения асинхронных двигателей классифицируются по разным критериям. Двигатели в основном встречаются с механическими и электрическими повреждениями. Механическое повреждение асинхронного двигателя включает деформацию вала ротора, ослабление неподвижного статора, выход из строя подшипников, загрязнение вращающихся частей и тому подобное.

Причинами механического повреждения асинхронных двигателей могут быть следующие:

- асимметрия фаз, вызывающая вибрацию двигателя;
- механическая перегрузка вала двигателя;
- ошибки при сборке узлов двигателя;
- общее механическое повреждение асинхронных двигателей в среднем 10 %.

Электрические травмы

Причины электротравм разделяются на 3 группы.

1. Аварии в сети. В электросети по разным причинам (например, ветер, грозы, дождь и т.д.) отключения электроэнергии. Это самая частая причина поломки – остановка асинхронного двигателя. 80 % этих несчастных случаев происходит из-за падения напряжения или колебания, асимметрии, обрыва фазы, синусоидальных возмущений.

2. Травмы, вызванные сильным током. Причина этого – перегрузка двигателя, межфазное или промежуточное охлаждение, ухудшение изоляции и другие причины.

3. Травмы из-за снижения сопротивления по причине износа, влаги, разрыва изоляции. Кроме того, травмы в асинхронных двигателях делятся на 2 группы: внешние и внутренние травмы.

К внешним травмам относятся:

- 1) неправильное подключение двигателя к сети или отключение сетевых проводов;
- 2) горение накопительного растворителя;
- 3) подача напряжения на двигатель больше или меньше номинального;
- 4) неправильная работа или подключение рабочего или контрольного оборудования;
- 5) перегрузка двигателя;
- 6) неисправность или отказ системы вентиляции двигателя.

Внутренние повреждения делятся на механические и электрические.

К механическим травмам относятся:

- 1) повреждение подшипника;
- 2) деформация или поломка ротора;
- 3) ослабление или поломка ручек щетки;
- 4) появление глубоких бороздок на контактных кольцах или щетках;
- 5) неправильное крепление или ослабление статора к корпусу;
- 6) трещины в подшипниках и корпусе.

Электрические травмы:

- 1) взаимосвязь;
 - 2) прорывы;
 - 3) короткое замыкание между корпусом и обмотками;
 - 4) износ изоляции;
 - 5) неправильное соединение роликов в ваннах.
- Наиболее частые травмы асинхронных двигателей:
- 1) перегрузка двигателя и горение обмотки статора – 31 %;
 - 2) межсетевое соединение – 15 %;
 - 3) повреждение подшипников – 12 %;
 - 4) повреждение обмотки статора или потеря изоляции – 11 %;
 - 5) неравномерный воздушный зазор между статором и ротором – 9 %;
 - 6) работа двигателя в 2 фазы – 8 %;
 - 7) повреждение короткозамкнутых шток ротора – 5 %;
 - 8) неправильное закрепление или ослабление статора – 4 %;
 - 9) неравномерное распределение нагрузки на ротор – 3 %;
 - 10) неправильная балансировка оси ротора – 2 %.

Один из случаев, встречающихся в асинхронном двигателе, – это когда двигатель подключен к наблюдаемой сети. Это происходит потому, что двигатель не имеет крутящего момента. Причины, по которым у двигателя нет крутящего момента, следующие.

1. Обрыв в сети или выход из строя контактов в приводе (сжигание хранилища).

2. Одна фаза цепи – «звезда» – отключена или подключена к «треугольнику», если две фазы прерваны.

3. Две или три фазные катушки ротора сломаны.

В результате нагрева при эксплуатации и хранении машины, механических воздействий при вибрации, центробежных и электродинамических сил, воздействия влажности и агрессивных сред постепенно выходит из строя изоляция пакета. Незначительное изменение химического состава называется старением структурной изоляции. Процесс ухудшения изоляционного состава называется износом.

В асинхронных двигателях часто выходит из строя статор. Это 85–95 % причин того, что двигатель не работает. Причина выхода из строя – короткие замыкания. Под действием вибрации начинается постепенное размыивание лака, жилы расположены близко друг к другу, и изоляция разлагается, перекрывающиеся катушки образуют короткое замыкание. Сопротивление короткозамкнутой цепи невелико, поэтому сила тока растет, температура изоляции увеличивается, в результате чего обмотка темнеет.

Список литературы:

1. Гафуров М.О. Основные меры энергосбережения на промышленных предприятиях и их эффективность // Universum: технические науки. – М., 2019. – Вып. 12 (69). – Ч. 3. – С. 70–72.
2. Гемке Р.Г. Неисправности электрических машин. – Энергия, 1975. – 296 с.

НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ С НЕПРЕРЫВНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Мухторов Абдулло Файзуллаевич

ассистент,
Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара

Гафуров Мирзохид Орифович

ассистент,
Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: mirzohidgafurov17@gmail.com

Аннаев Зийодилло Йулдошевич

студент,
Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара

RELIABILITY OF ELECTRICAL SYSTEMS OF ENTERPRISES WITH CONTINUOUS TECHNOLOGICAL PROCESSES

Abdullo Mukhtorov

Assistant
of Bukhara Engineering Technological Institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

Mirzokhid Gafurov

Assistant
of Bukhara Engineering Technological Institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

Ziyodillo Annayev

Student
of Bukhara Engineering Technological Institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается анализ надежности и разработка методического обеспечения надежности систем электроснабжения предприятий легкой промышленности и повышения устойчивости коммутационных аппаратов, релейной защиты и автоматики на подстанциях 35–110 кВ.

ABSTRACT

The article examines the analysis of reliability and the development of methodological support for the reliability of power supply systems for a light industry enterprise and increasing the stability of switching devices, relay protection and automation at 35–110 kV substations.

Ключевые слова: надежность, отказ (повреждение), вероятность нарушения, кратковременные нарушения в электроснабжении.

Keywords: reliability, failure (damage), probability of violation, short-term power outage.

Введение. Надежность, рассматриваемая в период проектирования, производства, эксплуатации, изучения, исследования и испытания (объектами могут быть системы и их элементы, в частности со-

оружения, установки, технические изделия, устройства, машины, аппараты, приборы и их части, агрегаты и отдельные детали), является, как известно, экономической категорией.

Основная часть. В своей практической деятельности в процессе проектирования и эксплуатации систем электроснабжения инженеру-энергетику приходится постоянно принимать различные решения. На эти решения оказывает влияние большое количество факторов, среди которых особое место занимает надежность. Опыт эксплуатации показывает, что вероятность нарушения электроснабжения не остается одинаковой в течение года или даже суток. Электроустановки, используемые для преобразования, передачи и распределения электроэнергии, подвергаются воздействию большого количества факторов: воздействия окружающей среды, эксплуатационные, случайные ошибки проектирования и монтажа.

Применительно к передаточным устройствам – воздушные линии всех классов напряжений – наиболее характерными факторами, способствующими их отказам, являются дождь, мокрый снег, густой туман, изморозь и т.д., а у кабельных линий и силовых трансформаторов, установленных на электроустановках открытого типа, к факторам окружающей среды относятся солнечная радиация, атмосферное давление, температура окружающей среды.

Строго говоря, реальные потоки отказов элементов электрических систем нестационарные, так как интенсивность отказов λ зависит от времени эксплуатации t . График зависимости λ от t называется характеристикой жизни объекта.

Рисунок 1. График зависимости λ от t

Здесь: 1 – период приработки – период выявления скрытых дефектов монтажа и изготовления [«выявление» дефектов (1–3 года)]; 2 – период нормальной работы; характеризуется примерно постоянной интенсивностью отказов.

Аварийное отключение одного потребителя подключенных на секции шин 6–10 кВ подстанции не проходит без последствий для других потребителей, подключенных к этой секции шин. При повреждении отходящих кабельных линий 6–10 кВ на подстанциях 35–110 кВ время отключения максимально токовой защиты на автоматических выключателях установлена 1 секунда, а на вводных выключателях еще больше, вследствие настоящих отключений и происходит нарушение в электроснабжении других потребителей, подключенных к этой секции шин 6–10 кВ, в результате чего

происходят аварийные остановки части технологических процессов, характеризующихся высокими требованиями в части непрерывности, качества и надежности электроснабжения. Необходимо на подстанции 110/10/10 кВ Стрелкова и других подстанциях изменить ставку срабатывания защиты минимального напряжения узлов электрической нагрузки электротехнической системы, заключающейся в обоснованном снижении уровня минимально допустимого напряжения и увеличении выдержки времени срабатывания защиты минимального напряжения. По сути, данное мероприятие направлено не на повышение устойчивости электротехнической системы, а на снижение числа необоснованных отключений оборудования. Это обусловлено тем, что защита минимального напряжения полностью характеризуется двумя параметрами – напряжением и выдержкой времени срабатывания, которые в большинстве случаев не учитывают реального состава потребителей и характеристик электротехнической системы, а устанавливаются по требованиям энергоснабжающей организации исходя из параметров наиболее вероятного режима работы электротехнической системы. В сетях 6–35 кВ переход замыканий в межфазные короткие замыкания от перенапряжений составляет от 60 до 65 %, а от замыкающих дуг – 35–40 %. Это соотношение характерно и для кабельных сетей.

Понижение напряжения оказывают большое влияние на работу асинхронных двигателей. При изменении напряжения питающей сети изменяется механическая характеристика, представляющая собой зависимость момента электродвигателя от частоты вращения или скольжения, нарушается синусоидальный режим работы частоты преобразователя, что приводит к необратимому процессу, даже аварийной остановке технологического оборудования.

Для электрических машин, трансформаторов и кабелей наиболее существенно тепловое старение изоляции. Электроизоляционный материал, находясь в электрическом поле, теряет свойства электроизоляционного материала, если напряженность поля превысит некоторое критическое значение.

Нагрузки при непрерывных режимах работы, связанных с частыми включениями и отключениями электропривода, способствуют возникновению ударно-вибрационной нагрузки, которая впоследствии приведет к необратимому технологическому процессу.

Очевидно, что если на зажимах электродвигателя, работающего с полной нагрузкой, произойдет значительное снижение напряжения, то момент сопротивления механизма может оказаться больше максимального вращающего момента электродвигателя. В этом случае произойдет «толчок» двигателя. При снижении напряжения ухудшаются условия пуска двигателя, так как снижается пусковой момент и при постоянном моменте сопротивления механизма повышается потребляемый электродвигателем ток, что приводит к увеличению потерь на нагрев обмоток. На Бухарском нефтеперерабатывающем заводе

исчезновение напряжения на 150 мсек приведет к полному разрушению технологического процесса, и необходима перезагрузка технологического процесса.

Будучи энергетиком, хотел бы вспомнить произошедшие события, в которых кратковременные нарушения электроснабжения привели к простою производства, недоотпуску продукции, уменьшению объема готовой продукции, к срыву плана производства готовой продукции, что в итоге сопровождается материальным ущербом. Если рассмотреть отдельные случаи по городу Бухаре и по Бухарской области, можно понять некоторые упущения при проектировании и строительстве кабельных эстакад и прокладке кабельных линий, а также при их эксплуатации. В настоящее время от подстанции 110/10/10кВ Стрелкова запитаны, т.е. электроэнергию получают, в основном предприятия по переработке хлопковых волокон, текстильной промышленности, АО «Бухоро Энергомарказ», АО «Бухоро механика заводи» (тоже имеются электрические печи сопротивления, кратковременные нарушения в электроснабжении которых приводят к аварийному нарушению технологических процессов, остановке оборудования и к значительному материальному ущербу), а также бытовые потребители. Помимо этого, аварийные остановки производства и их последующие пуски приводят к износу электротехнического оборудования.

Кратковременные нарушения электроснабжения при посадке напряжения на 0,2 сек и более на прядильной фабрике приводят к нарушению технологических процессов и материальному ущербу, который составляет: суточный выпуск пряжи – 40,0 тонн, для восстановления технологического процесса потребуется в среднем 30 минут, недовыпуск пряжи – 833 кг, 1 кг пряжи на мировом рынке оценивается в среднем в 4 доллара США (самовывоз). Значит, прядильная фабрика за одну посадку напряжения в системе электроснабжения 10 кВ недополучила продукцию на сумму 3332 доллара США, таких посадок происходит от 10 до 40 раз в год.

Мы рассмотрели только единичный случай по ООО ИП «POSCO INTERNATIONAL TEXTILE», годовая переработка хлопковых волокон которого составляет 19000 тонн. Недоотпуск электрической

энергии составляет 2500 кВт·ч (ООО ИП «POSCO INTERNATIONAL TEXTILE» за один час потребляет в среднем 5000 кВт·ч).

Большая часть повреждений в электрических системах связана с нарушением электрической изоляции элементов, в том числе кабельных линий – 6–10 кВ. Прокладка кабелей и техническое состояние кабельной эстакады не соответствуют требованиям ПУЭ, имеются места пересечения кабелей 10 кВ, кабели не защищены от попадания солнечных лучей. Согласно указанному ПУЭ по пункту 2.3.19. «Открытая прокладка кабельных линий должна производиться с учетом непосредственного действия солнечного излучения, а также теплоизлучений от различного рода источников тепла.

При прокладке кабелей на географической широте более 65° защита от солнечного излучения не требуется». Географическое положение и координаты Бухарской области: широта – 40° 0' С, долгота – 64° 0' 0 Е.

В регионах, расположенных на географической широте менее 65°, необходимо защитить кабели от прямого попадания солнечного излучения на открыто проложенные кабели сооружений и эстакад. Сопротивление в металлах при нагревании увеличивается. Температурный коэффициент сопротивления алюминия – $4,30 \times 10^{-3}$ 1/кельвин, температурный коэффициент сопротивления меди – $3,80 \times 10^{-3}$ 1/кельвин. Удельное сопротивление металлов при нагревании увеличивается в результате увеличения скорости движения атомов в материале проводника с возрастанием температуры. При нагревании кабелей их сопротивление возрастает. В материале проводника с возрастанием температуры происходит ускорение износа изоляции кабеля и выхода из строя. Например, на двух кабельных линиях 10 кВ имеется по три комплекта кабельных муфт. Теперь давайте рассмотрим и проанализируем зависимость характеристик поверхности, сопротивления и тепловых характеристик в точках подключения муфт 6–10 кВ.

$$j = \frac{J}{S} \quad (1)$$

Таблица 1.

Таблица расчета изменения плотности тока на поверхностях двух соединительных проводов в кабельных муфтах

S ₁	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
j	20	10	6,666	5	4	3,333	2,857	2,5	2,222	2
S	$3 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-5}$	$12 \cdot 10^{-5}$	$15 \cdot 10^{-5}$	$18 \cdot 10^{-5}$	$21 \cdot 10^{-5}$	$24 \cdot 10^{-5}$	$27 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$

В этой таблице показано изменение плотности тока на поверхностях двух соединительных проводов в кабельных муфтах. В муфтах мы видим, что плотность тока увеличивается в результате уменьшения площади поверхности соединяемых частей проводников относительно реальной поверхности.

Плотность тока прямо пропорциональна току и обратно пропорциональна площади поверхности проводника. Рисуем график изменения плотности тока на соприкасающихся друг с другом поверхностях проводников в деталях муфты, без учета изменения тока в муфтах.

Рисунок 2. График изменения плотности тока на соприкасающихся друг с другом поверхностях проводников в деталях муфты, без учета изменения тока в муфтах.

График на рис. 2 показывает, что плотность тока в кабельных муфтах распределяется по-разному в зависимости от длины проводника. В результате сопротивление проводника на единицу длины изменяется. Значения его изменения приведены в табл. 2. Из этой таблицы видно, что сопротивление изменениям контактных поверхностей проводника изменяется обратно пропорционально.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}; \quad (2)$$

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t. \quad (3)$$

Таблица 2.

Таблица расчета зависимости количества выделяемого тепла от сопротивления

<i>l</i>	10	10	10	10	10	10	10	10
$\rho(\text{Cu})$	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038
<i>S</i>	0,00003	0,00006	0,00009	0,00012	0,00015	0,00018	0,00021	0,00024
<i>R</i>	1266,667	633,3333	422,2222	316,6667	253,3333	211,1111	180,9524	158,3333
<i>Q</i>	5066,667	2533,333	1688,889	1266,667	1013,333	844,4444	723,8095	633,3333

Рисунок 3. График зависимости сопротивления проводника от поверхности кабеля

По мере уменьшения контактных поверхностей проводников в муфтах значение сопротивления в этой части увеличивается. На рис. 3 построен график изменения сопротивления в единицах длины в точках сужения контактных поверхностей в муфте. Результат показывает, что чем ниже поверхность, тем выше сопротивление муфты в этой части. Увеличение плотности тока на единицу площади в со-

единительных частях проводников приводит к увеличению сопротивления в этой части проводника. Это значение увеличивается в 3 раза в номинальном состоянии, когда ток не изменяется во время работы. Это увеличивает количество тепла, выделяемого в этой части кабеля. Сравнивая эти изменения на основе значений в табл. 2, мы получим график, показанный на рис. 4.

Рисунок 4. График зависимости количества выделяемого тепла от сопротивления

График на рис. 4 показывает, что, если сопротивление проводников в муфте увеличивается, количество выделяемого тепла также увеличивается прямо пропорционально. Эти результаты и графики изменений показывают, что в муфтах кабельных линий 60–10 кВ выделяется большое количество тепла, что приводит к обрыву линий в результате разрыва (плавления) изоляции муфты. Один из способов предотвратить это – только увеличить площадь поверхности проводника, соприкасающегося с муфтой.

Электрическое сопротивление проводника в общем случае зависит от материала проводника, от его длины и от поперечного сечения, или более кратко – от удельного сопротивления и от геометрических размеров проводника.

Заключение. Необходимо на подстанциях изменить ставку срабатывания защиты минимального напряжения узлов электрической нагрузки электро-технической системы, заключающейся в обоснованном снижении уровня минимально допустимого напряжения и увеличении выдержки времени срабатывания защиты минимального напряжения.

Необходимо защитить от прямого попадания солнечного излучения открыто проложенные кабели сооружений и эстакад.

Улучшение характеристик основных элементов подстанций 35–110 кВ средствами автоматизации. АПВ трехфазной и пофазной быстродействующих защит. Для уменьшения несинусоидальности напряжений (уменьшения высших гармоник) используют отдельное питание для потребителей с нелинейной вольтамперной характеристикой.

Список литературы:

1. Андреев В.А. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения : учебник. – М. : Высшая школа, 2005. – 391 с.
2. Гафуров М.О. Основные меры энергосбережения на промышленных предприятиях и их эффективность // Universum: технические науки. – М., 2019. – Вып. 12 (69). Ч. 3. – С. 70–72.
3. Захаров О.Г. Надежность цифровых устройств релейной защиты. Показатели. Требования. Оценки : учебник. – М. : Инфраинженерия, 2014. – 128 с.
4. ПУЭ. – М. : Энергоатомиздат, 1986.
5. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – Энергия, 1979. – 408 с.
6. Gafurov M.O. Methodology for Calculating the Generalized Efficiency of the Energy Supply System of Industrial Enterprises // International Journal of Academic Multidisciplinary Research (IJAMR). – 2020. – Vol. 4, Issue 4. – P 104–108.

ЭНЕРГЕТИКА**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ КАБЕЛЬНО-ПРОВОДНИКОВОЙ ПРОДУКЦИИ
ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ НАЛОЖЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ****Иванова Вера Павловна**

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

Цыпкина Виктория Вячеславовна

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

Турабеков Айбек Улугбекович

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

Бокижонов Убайдулла Абдушукур угли

ассистент,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: ubaydullo.67.uz@mail.ru

Атажиев Шохрух Мирзам угли

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

**IMPROVING THE RELIABILITY OF CABLING AND WIRING PRODUCTS BY IMPROVING
THE TECHNOLOGY OF CABLE INSULATING****Vera Ivanova**

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

Victoria Tsypkina

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

Aybek Turabekov

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

Ubaidulla Bokijonov*Assistant,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***Shohruh Atajiyev***Assistant,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***DOI: 10.32743/UniTech.2020.80.11-5.22-28.**

АННОТАЦИЯ

Надежность кабельных линий в условиях жаркого климата определяется климатическими характеристиками кабелей и проводов, к которым относятся: длительная и кратковременная нагревостойкость, холодостойкость, влагостойкость, стойкость к циклическому воздействию температур и солнечной радиации, озоностойкость и т. д. В данной статье рассматриваются основные воздействия факторов окружающей среды: повышенная температура, солнечная радиация, которые, как показывает практика, приводят к необратимому ухудшению электрических и механических свойств кабельных изделий. Результатом климатических воздействий в Среднеазиатском регионе, в условиях жаркого климата, является старение как изоляции так и защитных оболочек, которое приводит к необратимому изменению механических и электрических свойств используемых полимеров из-за потери эластичности экструдированного материала и его последующего растрескивания переходящего в трещины. Оценка возможности длительной эксплуатации используемого полимера производилась по величине периода окисления полиэтилена, которая определяет сроки естественного сохранения различных типов кабелей в период их эксплуатации. Исследования осуществлялись на образцах кабелей, хранящихся под навесом в деревянных ящиках, защищенных от воздействия солнечного света и атмосферных осадков путем измерения критерийных параметров при жестком соблюдении установленных норм. Таким образом, предлагаемое решение повышения надежности кабельных линий состоит в отладке технологического процесса наложения изоляции и оболочки, при котором экструдирование полимерной массы производится по методике, обеспечивающей минимизацию попадания загрязнений. Проведенный обзор результатов показал, что усовершенствование экструзионной линии позволит обеспечить возможность повышения надежности в эксплуатации кабельных изделий в условиях воздействия климатических факторов среднеазиатского региона за счет уменьшения показателя старения изоляции.

ABSTRACT

Reliability of cable lines in hot climate conditions is determined by the climatic characteristics of cables and wires, which include: long-term and short-term heat resistance, cold resistance, moisture resistance, resistance to cyclic exposure to temperatures and solar radiation, ozone resistance, etc. This article considers the main effects of environmental factors: high temperatures, solar radiation, which, as practice shows, lead to irreversible deterioration of the electrical and mechanical properties of cable products. The result of climatic impacts in the Central Asian region, in hot climate conditions, is aging of both insulation and protective shells, which leads to irreversible change in the mechanical and electrical properties of used polymers due to the loss of elasticity of the extruded material and its subsequent cracking, turning into cracks. Assessment of the possibility of long-term operation of the used polymer was made according to the polyethylene oxidation period, which determined the natural preservation time of various types of cables during the period of their operation. The research was carried out on samples of cables, stored under a canopy in wooden boxes, protected from sunlight and atmospheric precipitation, by measuring criterion parameters in strict compliance with established standards. Thus, the proposed solution for increasing the reliability of cable lines is debugging the technological process of cable insulating and sheathing, in which the extrusion of the polymer mass is carried out according to the technique that minimizes the contamination ingress. Conducted review of the results showed that the improvement of the extrusion line would provide the possibility of increasing the reliability in the operation of cable products under the influence of climatic factors of the Central Asian region due to the reduced aging of insulation.

Ключевые слова: надежность, климатические воздействия, условия жаркого климата, старение изоляции, кабельно-проводниковая продукция, кабельная линия, экструзия, экструдер, улавливатель, технологический процесс.

Keywords: Reliability, climate impacts, hot climate conditions, insulation aging, cabling and wiring products, cable line, extrusion, extruder, trap, technological process.

Надежная работа кабельных линий в условиях жаркого климата как правило определяется климатическими характеристиками кабелей и проводов, к которым относятся: длительная и кратковременная нагревостойкость, холодостойкость, влагостой-

кость, стойкость к циклическому воздействию температур и солнечной радиации, озоностойкость и т. д. В данной статье рассматриваются влияние основных воздействий, обусловленных окружающей средой, таких как повышенная температура, солнечная радиация оказывающие негативное воздействие на

эффективную работу кабельной линии. Как показывает практика, они приводят к необратимому ухудшению электрических и механических свойств кабельных изделий. Однако, как результат климатического воздействия в Среднеазиатском регионе (в условиях жаркого климата) – это быстрое старение как изоляции так и защитных оболочек, которое ведет к необратимому изменению эксплуатационных характеристик применяемых полимеров: потеря эластичности экструдированного материала и его последующее растрескивание переходящее в трещины.

Обзор результатов исследований показал [16, с. 632; 17, с. 747; 18, с. 180], что усовершенствование технологии наложения изоляции и модернизация экструзионной линии позволит обеспечить возможность повышения надежности в эксплуатации кабельных изделий. При этом в условиях жаркого климата можно также достичь уменьшения показателя старения изоляции кабелей за счет усовершенствования технологии его наложения.

Надежность кабельных линий определяется климатическими характеристиками кабелей и проводов, к которым относятся: длительная и кратковременная нагревостойкость, холодостойкость, влагостойкость, стойкость к циклическому воздействию температур и солнечной радиации, озоностойкость и т. д.

Существует еще одна проблема влияния высокой температуры окружающей среды на бесперебойную работу электрических систем, а именно тем-

пературы поверхности земли в летнее время. На основании результатов исследований Навалихина Е.Ю. и Труфанова Н.М. проводимых в ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» установлено, что уменьшение температуры грунта приводит к уменьшению температуры в кабельном канале [1, с. 988-992], а следовательно увеличивает проводимость токопроводящей части кабельной линии.

Однако, в зимнее время существует потребность увеличения нагрузки на кабель, которая обосновывается проведением исследований влияния климатических условий на температурное поле в канале и может быть определена выбором уровня передаваемой мощности. В момент роста потребительского спроса в зимний период становится возможным увеличить пропускную способность кабельных линий [1, с. 988-992]. В зависимости от температурных условий (диапазон поверхностной температуры) осуществляют оптимизацию передаваемой мощности по кабельным линиям путем выбора рабочего тока. При этом экспериментальные данные по различным температурным условиям окружающего грунта (таблица 1) позволяют установить рекомендуемые максимально допустимые токовые нагрузки, которые зависят от температурных условий окружающего грунта и эксплуатационных характеристик кабельного канала. Табличные данные приведены с учетом температуры изоляции из сшитого полиэтилена, не превышающей допустимую температуру [1, с. 988-992].

Таблица 1.

Эксплуатационные характеристики кабельного канала [1, с. 988-992]

Эксплуатационные характеристики	Температура окружающего грунта, °C								
	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15	+20
Максимальная температура в канале, °C	52	58	62	66	72,2	75,8	80	85	90
Рабочий ток кабельных линий, А	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7	115,7
Допустимый рабочий ток (температура в канале, 90 °C)	140,7	136,6	133,3	130,4	127,7	125,3	122,8	119,5	115,7
Увеличение нагрузочной способности, %	21,7	18,1	15,3	12,8	10,3	8,3	6,1	3,3	0
Суммарная передаваемая мощность, МВА	62,9	61,1	59,6	58,2	57,07	55,94	54,89	53,39	51,72

Исследования российских специалистов показывают, что физический износ кабельных линий равен 70-80% при значении их удельной повреждаемости от 4,5 до 12 случаев на 100 км в год, что является очень высоким показателем повреждаемости кабельных линий [2], примером может служить опубликованные сведения ОАО «Россети» анализа состояния кабельных линий (0,4÷110 (220) кВ) дают общую картину повреждаемости [2], где:

- дефекты прокладки – 20%;
- естественное старение силовых кабелей – 31%;
- механические повреждения – 30%;

- заводские дефекты – 10%;
- коррозия – 9%.

Представленные результаты показывают, что параметр «естественное старение» занимает вторую позицию степени повреждаемости кабеля и имеет по сравнению с другими параметрами самое высокое значение. Одной из причин проявления этого негативного фактора является избыточная температура и нагрев кабеля, вызывающие нарушение равновесия между теплом выделяющимся внутри всего объема изоляции, и теплом, отводимым в окружающую

среду, а также возможное тепловое разрушение изоляции (диэлектрика), которое влечет за собой повышение температуры диэлектрика приводящее к его пробое.

При прокладке кабелей в туннелях и каналах определяется общий нагрев окружающего воздуха в течении календарного года и ежедневно [3]. Изменение температуры слоя грунта вокруг кабельной линии вызывает повышение температуры кабеля приводящее к увеличению повреждаемости всей линии.

Установлено, что суточные изменения зависят от толщины слоя, которые рассматривают в зависимости от годовых колебания температуры на этой

же глубине. На рис. 1 показаны годовые графики изменения температуры почвы, где термические параметры для построения этих графиков были приняты как средние из соответствующей литературы [17]. Также было учтено, что в зависимости от сезона происходит изменение распределения температуры на разной глубине в течение года.

На основании проведенных замеров температур почвы исходя из годовых колебаний температур и данных литературы [4] была построена зависимость изменения суточных температур почвы с учетом сезонности ее распределения и климатических особенностей в сравнении российского региона и Узбекистана (рис. 1).

Рисунок 1. Изменение температуры почвы для российского региона и Узбекистана в течение года при среднесуточных температурах окружающей среды

С целью установления сроков естественного сохранения различных типов кабелей в период их эксплуатации, в жаркое время года, на кафедре «Электрические машины» Ташкентского государственного технического университета были проведены исследования по оценке возможности длительной эксплуатации используемого полимера по следующим параметрам: удельное сопротивление изоляции, диэлектрическая постоянная, тангенс угла

диэлектрических потерь и электрическая прочность на пробой, изменение тока утечки [6; 7, с.61-65].

Исследования осуществлялись на образцах кабелей в летний период при воздействии высоких (дневных) температур, которые хранились под навесом в деревянных ящиках, защищенных от воздействия прямого солнечного света и атмосферных осадков путем измерения критериальных параметров при жестком соблюдении установленных эксплуатационных норм (таблица 2).

Таблица 2.

Электроизоляционные свойства полимерных материалов

Материал	Удельное объемное электрическое сопротивление Ом*см	Электрическая прочность, кВ/мм	Тангенс угла диэлектрических потерь при 1КГц	Диэлектрическая проницаемость
ПВХ-пластики	$10^{11} \div 10^{14}$	$14 \div 20$	$(50 \div 90) \cdot 10^{-3}$	$3 \div 10$
Полиэтилен	$10^{15} \div 10^{17}$	$18 \div 30$	$(0,1 \div 0,3) \cdot 10^{-3}$	2,3
Сшитый полиэтилен	Более 10^{15}	$25 \div 98$	$0,3 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \div 2,4$
Полиэтилен и его сополимеры	$10^{14} \div 10^{15}$	$25 \div 30$	$(0,2 \div 0,3) \cdot 10^{-3}$	$2,3 \div 2,4$
Фторопласты: ПВДФ (Ф-2)	Более 10^{14}	$10 \div 37$	$(10 \div 20) \cdot 10^{-3}$	$7,5 \div 13$
ПТФЭ (Ф-4)	Более 10^{16}	$20 \div 30$	$(0,2 \div 0,3) \cdot 10^{-3}$	2,0

Теплофизические свойства среды вокруг кабеля оказывают негативное воздействие на температурные режимы работы кабельного изделия в период эксплуатации, а значит эти факторы обязательно

должны учитываться в расчётах нагрузочной способности кабельного изделия. Анализ данных, приведенных Чиркиным В.С. отражают зависимость

теплофизических свойств токопроводящих жил и металлических экранов от конструктивных параметров токопровода, а следовательно, и от технологии изготовления [5, с.356].

Разработанное, в рамках проводимых исследований, техническое решение ориентировано на по-

вышение надежности кабельных линий. Суть разработки состоит в модернизации технологического процесса наложения изоляции, при котором экструдирование полимерной массы производится по методике, обеспечивающей минимизацию попадания загрязнений из воздушного пространства производственного участка цеха.

1-отдающее устройство; 2-компенсатор отдающего устройства; 3 – экструдер; 4- экструзионная головка; 5- измеритель эксцентриситета и диаметра; 6-ванна охлаждения; 7 – ЗАСИ; 8 – тяговое устройство; 9-компенсатор; 10- приемник

Рисунок 2. Технологическая схема экструзионной линии

Технологический процесс наложения полимерной изоляции на металлическую жилу (рис. 2) состоит в следующем: металлическая жила (медь, алюминий, сплавы цветных металлов) с отдающего барабана (1) поступает на устройство (2) предварительного нагрева (нагрев до $T = 90-100^{\circ}\text{C}$) и затем в головку экструдера (4), в которой и происходит формирование изоляционного слоя. Вышедшая из рабочей головки экструдера изолированная жила, охлажденная в ванне (6), поступает в камеру контроля сплошности изоляционного слоя (7) ЗАСИ. Проверенный провод на участке контроля (7) проходит через барабан тянущего устройства (8) и поступает в приемное устройство (10). Толщина наносимой изоляции на токоведущую жилу и ее эксцентриситет регулируется диафрагменным устройством [8, с.122-145].

Современные экструзионные линии имеют очень высокую степень автоматизации в сочетании с синхронизацией работы основных рабочих узлов оборудования. При этом качество наложенного изоляционного слоя зависит от [9, с.170]:

- поддержания и обеспечение режима чистоты в зоне подачи материала в загрузочной зоне экструдера;
- содержание технологического инструмента в соответствии с установленными требованиями;
- выбор температурного режима (правильный подбор) в рабочей зоне в зависимости от параметров материала;
- выбор и поддержание температурного режима охлаждения изолированной заготовки.

Проведенный обзор литературы показал [16, с.632; 17, с.632; 18, с.151], что усовершенствование экструзионной линии, а именно участка загрузки полимера, позволит обеспечить возможность повышения надежности кабельного изделия при эксплуатации кабельных изделий в условиях воздействия климатических факторов среднеазиатского региона за

счет уменьшения показателя старения изоляции. Термин «электрическое старение изоляции» включает в себя постепенное накопление микротрещин. Причина образования этих дефектов являются электрические разряды образованные за счет наличия инородных включений в объеме изоляции, на которые оказываемое воздействие электромагнитного поля, создаваемое токоведущей частью кабеля.

Загрязнения и примеси в изоляции кабеля образуются в результате смешивания в зоне загрузки экструдера гранул полимера и цехового воздуха. При этом, экструзионный участок это не «чистая зона» производственного помещения цеха, где воздушное пространство является общим для всего цеха которое содержит большое количество пыли, образованной в ходе технологических циклов. Это объясняется непосредственным соседством на производственной площади машин различных участков, в том числе и скрутки, что обеспечивает наличие в едином воздушном пространстве различных мелкодисперсных, легковесных включений. Скрутка алюминиевых и медных проволок в сердечник, изолированных токопроводящих жил, наложение брони и экранов осуществляется с обязательным применением калибров, которые формируют и уплотняют скрученный сердечник (повив по скрутке, повив брони, экран), а значит механически воздействуют на металлы и полимеры сдирая верхний слой и образуя те самые легковесный и мелкодисперстные включения, постоянно загрязняющие воздушное пространство цеха.

Однако, при наложении слоя изоляции, в случае обнаружения дефектов по изоляции на ЗАСИ (рис.2) не происходит моментальная остановка линии, т.к. существует запаздывание по скорости линии. Место дефекта изоляции обнаруживается при этом визуально оператором, что не исключает наличие человеческого фактора и ошибки. Поэтому очень важно обеспечить максимально чистую подачи полимерных

материалов в загрузочную зону экструдера, минимизировав попадание различного рода легковесных и мелкодисперсных инородных частиц в расплав полимера, которые смешиваясь с основной изоляционной массой, формируют слой изоляции с дефектами и примесями по токоведущей жиле.

Современные конструкции экструзионных линий позволяют осуществить быструю загрузку полимера благодаря принудительной подачи материала в загрузочный бункер, но при этом очистка воздушных масс, поступающих из цеха при загрузке гранул не предусмотрена. Воздух, поступающий из производственного цеха в зону загрузки экструдера, не является очищенным, т.к. содержит пыль и различные легковесные частицы – остатки технологических циклов, которые смешиваются с гранулами полимера при загрузке в зоне выпрессовки материала

(зона дозирования расплава) когда происходит формирование слоя изоляции токоведущей части кабеля (рис.3).

Создать условия минимизации попадания сопутствующих включений в рабочую зону - является одной из основных задач, решение которой позволит повысить электрическую прочность изоляции и как следствие увеличить надежность работы кабеля в целом.

Предлагаемое техническое решение обеспечит повышение надежности кабельных линий путем модернизации технологического процесса наложения изоляции и оболочки, при котором экструзирование полимерной массы производится по новой методике, обеспечивающей минимизацию попадания загрязнений и различного рода включений в экструдруемый материал.

1-воздух из производственного помещения (не очищенный воздушный поток); 2-улавливатель; 3-зона загрузки; 4- гранулы полимера; 5-экструдер

Рисунок 3. Схема модернизированного экструдера

Поставленная цель достигается установкой в зоне загрузки экструдера (рис. 3) улавливателя (2), который осуществляет очистку сопутствующей гранулам полимера (4) воздушной массы (1). В основу улавливателя (4) положен метод очистки воздуха – осаждение частиц – сопутствующих включений (мелкодисперсные, легковесные частицы) путем воздействия электростатической силы, которая также используется в электрофильтрах. Контроль уровня загрязнения дисперсной среды проводится лазерным датчиком пыли.

Предлагаемое техническое решение сводится к установке в загрузочной зоне электромагнитной катушки, основной функциональной нагрузкой которой является очистка воздушного потока (в насыщенном состоянии) путем выделения на рабочей поверхности улавливателя частиц (загрязнений). Экспериментальные испытания позволили получить результаты фракционной эффективности в зависимости от величины улавливания (таблица 3).

Таблица 3.

Эффективность элемента в зависимости от диаметра частиц и степени улавливания

Диаметр частиц мкм.		10	20	30
Относительная величина улавливания, %	0	3	17	30
	4	20	70	92
	6	27	80	98
	8	40	85	99

Экспериментально (в лабораторных условиях) установлено, что коэффициент разделения резко возрастает с увеличением степени улавливателя до 10% и слабо возрастает при дальнейшем увеличении

степени улавливания. Проведенное усовершенствование экструзионной линии позволило значительно повысить общую эффективность работы технологического оборудования за счет принудительной

очистки воздушного потока. Оптимальная средне-расходная скорость в установке равна 7 м/с, при этом концентратор пыли собирает общее количество пыли, содержание которой около 35%.

Проведенный анализ публикаций посвященных движению газовзвесей [10, с. 170; 11, с. 17-24; 12, с. 149-152; 13, с. 392; 14, с. 588; 15, с. 616] по сепарации одиночных частиц, закономерностей их движения, особенностей движения дисперсной фазы в камерах различных конструкций, скольжение материала относительно потока несущей среды в зависимости от чисел Стокса, Фруда, Рейнольдса, позволил сделать вывод что расчет предлагаемой системы необходимо проводить по диаметру и концентрации частиц. На производственных участках кабельного цеха газовзвесь содержит примесные частицы размером 0,01-0,55 мкм, при этом показатель истинной плотности равен 1750–2000 кг/м³, а значение плотности 80–300 кг/м³. На основании вышеизложенного,

в воздушном потоке цеха который сопутствует гранулам пластика содержание мелкодисперсных инородных включений равно 4–15%, а соответственно остальной объем - газовая фаза [16, с. 632; 17, с. 632; 18, с. 151].

Таким образом, работа пылеулавливающей установки позволяет осуществить комплексную очистку цехового воздушного потока, как от металлических включений, так и от пыли с получением максимального эффекта по показателям: снижение концентрации вредностей (легковесных, мелкодисперсных частиц) при попадании воздушного потока в загрузочную зону экструдера на 5-7%; улучшение качества и однородности выпресованного изоляционного слоя на 3-5%; увеличение надежности работы кабельного изделия, за счет увеличения электрической прочности изоляции на 3-5%.

Список литературы:

1. Навалихина Е.Ю., Труфанова Н.М. Компьютерная модель процессов тепломассопереноса в кабельном канале при различных режимах работы кабельных линий // Научный журнал «Фундаментальные исследования», 2014. – № 9 (часть 5) – С. 988-992
2. ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ЗА 6 ЛЕТ ЭКСПЛУАТАЦИИ / ХАНС ЙОРГЕНСЕН, // КАБЕЛЬ NEWS. -2013. - №4
1. https://www.ruscable.ru/article/Izmenenie_sostoyaniya_izolyacii_kabelej_iz/.
2. Диагностика // Издательство «Открытые системы» [Электронный источник] Ссылка: <http://www.osp.ru/lan/2003/12/138371/>
3. Об эксплуатации кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена / Г. Невар // Кабель news. – 2011. - №3.
4. <https://mobile.ruscable.ru/article/30/>
5. Чиркин В.С. Теплофизические свойства материалов. Справочник. М.: ФИЗМАТГИЗ. 1959. - 356 с
6. Полиэтилен высокой плотности // Аналитический портал химической промышленности [Электронный источник] Ссылка: <http://newchemistry.ru/material.php?id=3>
7. Применение полимерных материалов в кабельной промышленности / Р.И. Аблеев // КАБЕЛЬ-news / No 12-1 / декабрь-январь 2009, с.61-65
8. Производство изделий из полимерных материалов" ред. В.К. Крыжановского, изд. Профессия, Спб 2004, с. 122-145.
9. Технология производства // Estralin [Электронный источник] Ссылка: <http://estralin.com/product/cable110/productiontechnology/>
10. Пирумов А.И. Аэродинамические основы инерционной сепарации. М.: Госстройиздат, 1961, 170 с.
11. Гольдштик М.А., Леонтьев А.К., Палеев И.И. Движение мелких частиц в закрученном потоке // ИФЖ. 1960, т.3, №2, с. 17 -24.
12. Гольдштик М.А., Сорокин В.Н. О движении частицы в вихревой камере. //ПМТФ. 1968, №6, с. 149 -152.
13. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли.- М.: Химия, 1981.-392 с.
14. Гупта А., Лилли Д., Сайред Н. Закрученные потоки. - М.: Мир, 1987. -588с.
15. Страус В. Промышленная очистка газов: Пер с англ. -М.: Химия, 1981, 616 с.
16. Тадмор З., Гогос К. Теоретические основы переработки полимеров. – М.: Химия, 1984. – 632 с.
17. Бернхардт Э. Переработка термопластических материалов. – М.: Химия, 1965. – 747 с.
18. Силин В.А. Динамика процессов переработки пластмасс в червячных машинах. – М.: Машиностроение, 1972. – 150 с.

ВЛИЯНИЕ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОКОПРОВОДЯЩЕЙ ЖИЛЫ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАБЕЛЬНО-ПРОВОДНИКОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Иванова Вера Павловна

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

Цыпкина Виктория Вячеславовна

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

Акбаров Фаррух Анвар угли

ассистент,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: farrux1927@mail.ru

Носирова Дилдора Анваровна

ассистент,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: ndildora0909@gmail.com

Муминов Хумоюн Асрор угли

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

INFLUENCE OF IMPROVING THE TECHNOLOGY OF MANUFACTURING A CABLE CONDUCTOR ON THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF CABLING AND WIRING PRODUCTS

Vera Ivanova

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

Victoria Tsyapkina

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

Farrukh Akbarov

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

Dildora Nosirova

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

Humoyun Mominov*Assistant,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Republic of Uzbekistan, Tashkent***DOI: 10.32743/UniTech.2020.80.11-5.29-34.**

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы использования новой технологической схемы, которая позволяет обеспечить возможность улучшить и повысить надежность электроснабжения за счет создания условий для высокоэффективной передачи электрической энергии при минимальных потерях. Улучшение пропускной способности кабеля, являющегося основным элементом электроэнергетической системы, позволит повысить энергоэффективность электроснабжения конечного потребителя. Предлагаемое техническое решение по усовершенствованию способа волочения за счет уменьшения количества проходов по маршруту волочения позволило обеспечить хорошие технологические параметры для волочильной машины и эксплуатационные параметры для токоведущей части кабельной продукции.

ABSTRACT

The article discusses the use of new technological scheme, which makes it possible to improve and increase the reliability of power supply by creating conditions for highly efficient transmission of electrical energy with minimal losses. Improving the transmission capacity of the cable, which is the main element of the electric power system, will improve the energy efficiency of the power supply to the end user. The proposed technical solution for improving the drawing method by reducing the number of passes along the drawing route made it possible to provide good technological parameters for drawing machine and operational parameters for the conductive (live) part of cable products.

Ключевые слова: кабельно-проводниковая продукция, волочение, конструкция кабеля, технологический процесс, проволока, микрошлиф, микроструктура, маршрут волочения, дробность деформации, омическое сопротивление, волочильная машина, прямоточная волочильная машина.

Keywords: cabling and wiring products, drawing, cable design, technological process, wire, micro-section, micro-structure, drawing route, deformation fractionality, ohmic resistance, drawing machine, straight-through drawing machine.

Процесс передачи и распределения электрической энергии ориентирован на современные технологии использующие новые поколения системы электроснабжения конечного потребителя, которые являются большими жизнеобеспечивающими инфраструктурными системами, сложными по составу, способных обеспечить: безопасность, надежность, качество электроэнергии и услуг, эффективность, экологическую и социальную приемлемость [1, с.84; 2].

Использование принципиально новых технических систем позволяет обеспечить возможность надежного и безопасного электроснабжения, а технологические достижения промышленного характера создают условия для высокоэффективной передачи электрической энергии при минимальных потерях [3, 4].

В настоящее время электроэнергетика ориентируется на применение новых видов кабельно-проводниковой конструкции, рассчитанных на различные классы напряжения, имеющие высокую пропускную способность и обеспечивающие жесткое выполнение современных эксплуатационных требований обусловленных спецификой крупных городов [5, 6].

Повышение проводимости кабельных линий, с учетом мирового опыта, можно достичь осуществляя замену действующих кабельных изделий на новые, улучшенные кабели, имеющих более совершенную конструкцию и обеспечивающих эксплуатационную

надежность в сочетании с большой пропускной способностью [5, 6, 7].

Проведенные исследования показывают, что тепловые режимы изоляции силовых кабелей определяют ресурс их работы [16, с. 19-23].

Существующее решение: усовершенствование конструкции кабеля обеспечивает регулирование допустимой рабочей температуры токоведущей жилы [7].

Недостаток:

1. Внесение изменений в технологический процесс изготовления кабельной продукции приводит к замене технологического оборудования на новое.

2. Внедрение новых конструкций кабеля и применяемых новых конструктивных материалов приводит к освоению и отработке новой (внедряемой) технологии в производственный процесс, а также проведение комплекса сертификационных мероприятий для освоенной конструкции кабельного изделия, а также разработке и освоения производства кабельной арматуры.

Все это очень продолжительно по времени и влечет за собой длительные и большие финансовые затраты.

Кабельно-проводниковая продукция это один из самых дорогостоящих элементов любой электро-энергетической системы, поэтому вопрос ценообразования при ее проектировании занимает особое место, являясь очень важным экономическим аспектом

выбора параметров кабельной линии. Задачи энергосбережения должны решаться уже на этапе проектирования кабельных линий с учетом разработки их конструкции, а полученные решения позволят соответствовать требованиям по надежности, сохранности кабельной продукции и обеспечить безопасность и здоровье людей задействованных в прокладке и последующей эксплуатации линии.

Усовершенствование конструкции кабеля — это процесс, требующий решения сложной и комплексной производственной задачи связанной с освоением новой технологии, а также проектированием комплектующих и кабельной арматуры для осуществления последующего монтажа и эксплуатации.

Обоснование предложения:

На кафедре «Электрические машины» Ташкентского государственного технического университета был проведен комплекс исследовательских работ по разработке и внедрению в производственный процесс изготовления кабельно-проводниковой продукции усовершенствованного способа волочения, обеспечивающий увеличение пропускной способности токоведущей части кабельного изделия за счет уменьшения омического сопротивления токопровода [9, 6, 7].

Качество отволоченной проволоки зависит от соблюдения технологии изготовления [10, с.229-232; 11, с.74-78; 12, с.212-218]. На поверхности раз-

дела «металл – волокна» (рис.1) наблюдается действие контактных сил трения, направление которых является противоположным направлению движения металла [13, с.19-22, с.22-26].

Рисунок 1. Схема деформации металла при волочении сплошного круглого профиля в волокне: где, 1- проволока; 2-волокна [9;15, с.102-107]

Проволока при прохождении через фильеру оказывается под действием приложенной внешней силы волочения (P_z), из-за которой элементы структуры металла (зерна) удлиняются в осевом направлении и утоньшаются как в тангенсальном, так и в радиальном направлениях под действием поперечной силы Q – внутреннее усилие (рис. 2) [9; 13, с.19-22, с.22-26; 10, с.229-232; 11, с.74-78; 12, с.212-218].

Рисунок 2. Схема волочения проволоки [9;15, с.102-107]

Описание предлагаемого технического решения:

Анализ технической литературы [9; 13, с.19-22, с.22-26; 10, с.229-232; 11, с.74-78; 12, с.212-218; 14, с. 24-27] позволил сделать вывод: с увеличением суммарной степени деформации ϵ при волочении до 25–30% прочностные характеристики меди интенсивно возрастают, что приводит к росту омического сопротивления.

Воздействие сил внешнего трения вызванных силой волочения (P_z) образуют дополнительную деформацию сдвига внутренних слоев металла за счет

влияния холодной пластической деформации [15, с.102-107].

Все это приводит к изменению основных свойств ТПЖ: электрических и механических свойств вещества [9; 13, с.19-22, с.22-26; 10, с.229-232; 11, с.74-78; 12, с.212-218; 14, с. 24-27].

Это объясняется наличием усилий волочения приводящих к изменению микроструктуры отволоченной проволоки вызывая ее уплотнение (рис. 3) [9; 13, с.19-22, с.22-26; 10, с.229-232; 15, с.102-107].

Рисунок 3. Микроструктура опытного образца медной проволоки с включением, образцы получены на в результате эксперимента проведенного на ИП ООО «NAVOI CABLE CONNECTOR» [9;15, с.102-107]

Воздействие сил внешнего трения вызванных силой волочения (P_z) образуют дополнительную деформацию сдвига внутренних слоев металла за счет влияния холодной пластической деформации.

Все это приводит к изменению основных свойств ТПЖ: электрических и механических свойств вещества.

Это объясняется наличием усилий волочения приводящих к изменению микроструктуры отволоченной проволоки вызывая ее уплотнение (рис. 3) [9;15, с.102-107].

Решение вопроса уменьшения электрического сопротивления ТПЖ достигается путем снижения дробности деформации в следствии сокращения количества проходов по маршруту волочения, т.е. уменьшением количества проходов волочения и рабочих зон пластической деформации (технологического инструмента – фильер), в которых происходит структурные изменения металла.

Экспериментальная часть исследования:

Экспериментальные исследования осуществились на отволоченных образцах медной проволоки в испытательной лаборатории ООО «NAVOI CABLE CONNECTOR» (г.Навои, Узбекистан) [9;15, с.102-107].

Проведенные измерения омического сопротивления образцов подтвердили ухудшение электрической проводимости ТПЖ за счет влияния дробности деформации, вызывающей уплотнение микроструктуры проволоки [9;15, с.102-107].

При проведении структурного анализа микршлифа было установлено, что в микроструктуре образца происходит ее уплотнение, которое объясняется наличием технологической вытяжки действующей по линии приложения силы волочения.

Рисунок 3. Проходы по маршруту волочения для круглого сечения до пересчета маршрута

Рисунок 4. Проходы по маршруту волочения для фасонного сечения до пересчета

Вывод: Значение механических характеристик медной проволоки, отволоченной по новой технологии меньше чем у образцов после обычного стандартного волочения. Уровень прочностных характеристик по сравнению с обычным волочением является меньшим для образцов с использованием новой

технологии с меньшим количеством проходов, что также создает предпосылки к снижению интенсивности использования рабочего инструмента (фильер), а следовательно и меньшим затратам энергетических и материальных ресурсов [9;15, с.102-107].

до пересчета маршрута волочения										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

8,00 мм	6,8 мм	5,9 мм	5,2 мм	4,6 мм	4,0 мм	3,5 мм	3,05 мм	2,75 мм	2,43 мм	2,14 мм
Сопротивление 1 м при 20°C,									0,0051 Ом	

после пересчета маршрута волочения						
0	1	2	3	4	5	6

8,00 мм	6,8 мм	5,1 мм	4,8 мм	3,25 мм	3,50 мм	2,14 мм
Сопротивление 1 м при 20°C,					0,004947 Ом	

Рисунок 5. До пересчёта маршрута и после пересчета маршрута

Пересчет маршрута волочения на меньшее количество проходов позволил сократить количество проходов волочения с 10 до 6 и исключить из технологии незадействованные тянущие блоки с индивидуальными ЭМС.

Результаты экспериментальной части исследования [9;15, с.102-107]:

1) Результаты исследований полученных отволоченных образцов дали улучшение качественных показателей образцов медной проволоки (электрической проводимости) в среднем на 15%.

2) Сокращение количества незадействованных ЭМС привело к уменьшению энергопотребления в прямоточной ВМ на 27%, что дает основание считать предложенное техническое решение как энергосберегающее.

Таблица 1.

Сопоставительный анализ параметров процесса волочения для ЭМС волочильной машины [9;15, с.102-107]

Параметры процесса волочения	Общий ЭП для ВС		Индивидуальный ЭП для каждого ТБ	
	Действующий	Расчетный	Действующий	Расчетный
1	2	3	4	5
Количество проходов, шт.	10	6	7	5
Количество электродвигателей	1		7	5
Потребляемая мощность, кВт	252		45	33,2
Материал	Медь			
Отволоченное изделие	Круглая проволока		Круглая проволока	

Заключение: Усовершенствован способ волочения за счет уменьшения количества проходов по маршруту волочения позволил обеспечить хорошие технологические параметры для волочильной машины и эксплуатационные параметры для токоведущей части кабельной продукции [9;15, с.102-107].

Технологические параметры:

1. Внедрение новой методики волочения без внесения конструктивных изменений в волочильную машину;
2. Уменьшение дробности деформации отволоченной проволоки на 15%.
3. Увеличение производительности прямоточной ВМ до 20%;

4. Уменьшение количества отходов меди до 15%.

5. Получена возможность усовершенствовать волочильную машину путем отключения одного электропривода. В результате уменьшено энергопотребление технологического оборудования до 27%.

Эксплуатационные параметры:

1. Увеличить электрическую проводимость токоведущей части в среднем до 15%.
2. Уменьшение омического сопротивления токоведущей части кабеля позволит не только увеличить пропускную способность кабеля, но также уменьшить выбранное сечение жилы, что в конечном итоге существенно уменьшит цену на кабельную линию в целом.

Список литературы:

1. Интеллектуальное развитие электроэнергетики с участием активного потребителя / под ред. Бушуева В.В. М.: Энергия, 2013. 84 с.

2. Бушуев В.В., Кучеров Ю.Н. Инновационное развитие электроэнергетики как важнейший приоритет стратегического развития России // Электро. № 1, 2016. (http://www.energystrategy.ru/Docs/AEN_170216.pdf)
3. Ю.Н. Кучеров, А.В. Иванов, Д.А. Корев, Н.А. Уткин, А.З. Жук1 Развитие технологий активного потребителя и их интеграция в электрическую сеть общего пользования // Цифровая энергетика
4. http://www.energystrategy.ru/DP/Source/DE_03.pdf
5. Кучеров Ю.Н., Березовский П.К., Веселов Ф.В., Илюшин П.В. Анализ общих технических требований к объектам распределенной генерации при их интеграции в энергосистему // Электрические станции, № 3, 2016. С. 2-10.
6. Способы увеличения пропускной способности КЛ с изоляцией из сшитого полиэтилена <https://mobile.ruscable.ru/article/212/>
7. Увеличение пропускной способности и эксплуатация кабельной линии.
8. <http://www.energomet-e.ru/news/kabel-s-izolaziey-spe>.
9. Навалихина Е.Ю., Труфанова Н.М. Компьютерная модель процессов тепломассопереноса в кабельном канале при различных режимах работы кабельных линий // Научный журнал «Фундаментальные исследования», 2014. –№ 9 (часть 5)– С. 988-992.
10. 8.Pirmatov N.B., Ivanova V.P., Madrakhimov D.B. Improving energy efficiency of drawing equipment through energy and resources saving // International journal of advanced research in science, Engineering and technology, vol. 6, issue 3, march 2019.
11. Иванова В.П. Повышение энерго- и ресурсосбережения прямоточных волочильных станков. Диссертация на соискание ученой степени (PhD) доктора философии по техническим наукам, Ташкент 2020г.
12. Muskalski Z., S. Wiewiórowska The theoretical analysis of wire drawing process for hydrodynamic friction conditions // Metallurgical and mining industry, 2011 – V. 3, № 7. – P. 74 – 78.
13. Lo, S. Wire drawing dies with prescribed variations of strain rate / S. Lo, Y. Lu // Journal of Materials Processing Technology, 2001 – P. 212 – 218
14. Берин И.Ш., Днестровский Н.З. Производство медной и алюминиевой проволоки, Издательство “Металлургия”. Москва, 1974г С. 16-17, 19-22, 22-26.
15. Дошинский Г.А., Ситникова Н.В. Определение величины эффекта Баушингера с ростом степени пластической деформации. Известия Томского политехнического института, 1976, С. 24-27.
16. Цыпкина В.В., Иванова В.П. Разработка обобщенных требований к модернизации электропривода волочильных машин кабельного производства // Журнал «Universum: технические науки», -Москва, 2017. –С.102-107.
17. Канискин В.А., Костенко Э.М., Таджикибаев А.И. Неразрушающий метод определения ресурса электрических кабелей с полимерной изоляцией в условиях эксплуатации // Электричество. 1995, № 5, с. 19-23.
18. Ларина Э.Т. Силовые кабели и высоковольтные кабельные линии. – 2-е изд. перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1996, 464 с.

АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ

Оразбекова Асем Камбаровна

ст. преподаватель,
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан
E-mail: oka-a7@mail.ru

Ибраев Кудайберген Айтжанович

ст. преподаватель,
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, Нур-Султан
E-mail: Ibraev.K.A@list.ru

ANALYSIS OF THE DETERMINATION OF THE ENERGY CHARACTERISTICS OF LIVESTOCK FARMS

Asem Orazbekova

Senior Lecturer,
S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Kazakhstan, Nur-Sultan

Kudaibergen Ibraev

Senior Lecturer,
S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Kazakhstan, Nur-Sultan

DOI: 10.32743/UniTech.2020.80.11-5.35-38.

АННОТАЦИЯ

В свете современных требований по рациональному использованию материальных ресурсов, усилению режимов экономии и устранения потерь в народном хозяйстве важное значение имеют вопросы экономии электроэнергии при электроснабжении объектов животноводства. В статье рассматривается вопрос о энергетических характеристиках потребления электроэнергии фермами.

ABSTRACT

In the light of modern requirements for the rational use of material resources, strengthening modes of economy and eliminating losses in the national economy, issues of saving electricity when supplying power to livestock facilities are of great importance. The article discusses the issue of energy characteristics of electricity consumption by farms.

Ключевые слова: электрическая нагрузка, график нагрузки, суточное потребление.

Keywords: electrical load, load schedule, daily consumption.

Для ведения современного фермерского хозяйства с высокой степенью интенсификации производства и обеспечения нормальных условий быта фермера требуются большие затраты энергии. Поэтому возникает необходимость экономии электроэнергии на производство и на хозяйственные нужды объекта.

Повышение эффективности животноводства, качества его конечного продукта и снижения себестоимости основывается на индустриализации и комплексной механизации этого производства. Использование индустриальных методов производства в животноводстве требует усовершенствования технологических и технических решений, что невозможно без увеличения энергопотребления.

В настоящее время энергетическая составляющая включает в себя тепловая и электрическая энергия. Кроме того, для повышения эффективности сельскохозяйственных предприятий необходимо соблюдать оптимальный микроклимат в коровнике, который необходим для создания продуктивного и эффективного хозяйства.

Технологическая карта производственных процессов на ферме представлена на рисунке 1. Технология фермы практически не зависит от количества голов. От количества скота зависит потребляемая мощность фермы и, собственно график электрических нагрузок.

Рисунок 1. Технологическая карта комплексной механизации на 25-200 голов КРС

1- водоснабжение (24 ч в сутки); 2 - кормление (2 x 3 ч); 3 - доение (2 x 2 ч); 4 - складирование и хранение молока (24 ч в сутки); 5 - уборка и транспортировка навоза (2 x 2 ч); 6 - освещение (12 ч); 7 - подогрев воды в телятнике (24 ч); 8 - кормление в телятнике (3 x 2 ч); 9 - облучение новорожденных телят (2 x 2 ч); 10 - уборка и транспортировка навоза в телятнике (2 x 2 ч)

Основываясь на технологической карте, составляем энергетические характеристики производственных процессов фермы на 100-200 голов КРС. Характеристики производственных процессов требующих

энергетических затрат для фермы 200 и 100 голов приведены в таблице 1. Данные приведены для ферм, расположенных на территории Казахстана.

Таблица 1.

Энергетические характеристики производственных процессов фермы на 200 и 100 голов КРС

Наименование процесса	Мощность электроприемников, Р, кВт	
	для - 200 голов	для -100 голов
Водоснабжение	4	3
Кормление	7,5	4,5
Доение	3	1,5
Хранение молока	5,7	4,5
Уборка и транс-ка навоза	5,5	5,5
Освещение	1,8	1,4
Кормление (телятник)	0,8	0,8
Облучение новорожденных телят	4	2
Уборка навоза (телятник)	0,8	0,5
Обеспечение микроклимата	60	41,5
Подогрев воды	128	64

Суточное потребление электроэнергии фермы W_3 определяется как:

$$W_3 = \sum_{i=1}^{24} P_i \cdot t_i, [\text{кВт} \cdot \text{час}] ,$$

где P_i – средние нагрузки за рассматриваемые временные интервалы t_i

Суточное потребление электроэнергии фермы с поголовьем 200 и 100 голов были произведены для трех регионов Казахстана. В зависимости от климатических и погодных условий, результаты расчета получились разными. Расчеты занесены в таблицу 2.

Таблица 2.

Суточное потребление электроэнергии фермы

Регион	Объект, с поголовьем	Суточное потребление электроэнергии по сезонам, кВт*час			
		Зима (январь)	Весна (май)	Лето (июль)	Осень (октябрь)
Акмолинская область	-200 голов	4273	3189,3	2810,58	3317,4
	-100 голов	2354,2	1710,7	1453,7	1796
Актюбинская область	-200 голов	3982,8	3187,95	2810,6	3321
	-100 голов	2462,3	1728,7	1451,6	1724
Алматинская область	-200 голов	3982,8	3129,3	2811,95	3259,2
	-100 голов	2327,7	1532,24	1452,65	1632,7

Для того чтобы иметь наглядное представление о характерах электрической нагрузки составляем график изменения нагрузки за сутки. То есть, зависимости суммарной мощности нагрузки потребите-

лей, работающих в текущий момент времени, от времени в течение суток. Суточные графики электропотребления фермы 200 голов по сезонам для Акмолинской области приведены на рисунке 2.

а)

б)

в)

г)

P_T – тепловая нагрузка; $P_Э$ – электрическая нагрузка.

Рисунок 2. Суточные графики электропотребления фермы:

а) лето б) весна в) зима г) осень

Суточные графики электропотребления фермы 100 голов по сезонам для Акмолинской области приведены на рисунке 3.

Рисунок 3. Суточные графики электропотребления фермы:
 а) лето и б) осень в) зима и г) весна

Анализируя графики потребления электроэнергии фермы в течение суток, можно сказать, что суточные пики потребления электроэнергии бывают разные. Характерно нагрузка меняется также от сезона года.

Для зимнего периода, когда к эксплуатации обычных приборов прибавляются электрические обогреватели и другие тепловые нагрузки, пик потребления электроэнергией возрастает.

Список литературы:

1. Алдаяров Мирлан, Иштван Добози, Томас Николакакис. 2017. Затянувшийся переход: Опыт проведения реформ и новые вызовы в секторе электроэнергетики Казахстана. Направления развития. Вашингтон, Округ Колумбия: Всемирный банк. doi:10.1596/978-1-4648-0971-2. Лицензия: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO
2. Будзко И.А. и др. Электроснабжение сельского хозяйства /И.А.Будзко, Т.Б. Лещинская, В.И. Сукманов. – М.: Колос, 2000.-536 с.
3. Журнал «Энергетика и электрооборудование», №1 (51) 2017 г.
4. Журнал «Энергетика и электрооборудование», №10 (48) 2017 г.
5. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. – М., 2011. – 118 с.
6. НТП АПК 1.10.01.001-00 Нормы технологического проектирования ферм крупного рогатого скота крестьянских хозяйств. [Электронный ресурс] - Режим доступа: свободный. https://znaytovar.ru/gost/2/NTP_APK_1100100100_Normy_texno.html

**ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСА РЕЦИКЛИНГА КАБЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ****Цыпкина Виктория Вячеславовна**

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

Иванова Вера Павловна

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

Исамухамедов Дилшод Нигматуллаевич

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

Атамухамедова Раъно Фазилджановна

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

Таирова Нигора Джахонгировна

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

**STUDYING THE ISSUE OF CABLE WASTE RECYCLING WITH THE USE
OF INTELLIGENT SYSTEM****Victoria Tsyapkina**

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

Vera Ivanova

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

Dilshod Isamukhamedov

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

Rano Atamukhamedova

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

Nigora Tairova

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

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы увеличения эффективности работы технологического оборудования по переработке отходов кабельного производства. Предлагается решить поставленную задачу путем использования современных экспертных систем, например, искусственных нейронных сетей (ИНС), что позволит осуществить диагностику работающей системы оборудования, эффективно произвести техническую и технологическую оценку его состояния с учетом зашумленности входных данных. Решение технологической задачи базируется на использовании метода искусственного интеллекта на базе искусственных нейронных сетей, которые позволяют достичь новые функциональные возможности линии переработки кабельных отходов и улучшить качество технической диагностики.

ABSTRACT

The article discusses the issues of increasing the efficiency of technological equipment for processing cable waste. It is proposed to solve the problem by using modern expert systems, for example, artificial neural networks (ANN), which will allow diagnosing the operating system of equipment, making a technical and technological assessment of its state effectively, taking into account noise level of input data. The solution to the technological problem is based on the use of the artificial intelligence method, based on artificial neural networks, which allow achieving new functionality of the cable waste processing line and improving the quality of technical diagnostics.

Ключевые слова: технология переработки отходов кабельного производства, искусственная нейронная сеть, кабельный скрап, дробленка, медная стружка, алюмелевая стружка, математическое моделирование, система автоматизированной диагностики, нейроинформатика, гибридная система управления, стандартный искусственный нейрон, перцептрон Розенблата, многослойная нейронная сеть.

Keywords: cable waste processing technology, artificial neural network, cable scrap, crushed chips, copper chips (shavings), alumel chips (shavings), mathematical modeling, automated diagnostics system, neuroinformatics, hybrid control system, standard artificial neuron, Rozenblatt perceptron, multilayer neural network.

Эффективность технологии переработки отходов кабельного производства сводится к одновременному согласованию вопросов производительности, себестоимости и стоимости конечных продуктов. Это достаточно сложная задача, т.к. необходимо выработать технологию, которая в полной мере отвечает реальным производственным задачам.

Современное технологическое оборудование ориентировано на диагностирование технологических систем методом математического моделирования [1, с.11]. Однако, данный способ недостаточно дает возможность отслеживать и соответственно контролировать множество технологических факторов одновременно, оказывающих негативное влияние на всю технологию. Решение данной задачи может быть достигнуто с использованием современных экспертных систем, например, искусственных нейронных сетей (ИНС), что позволит осуществить диагностику работающей системы, произвести техническую и технологическую оценку состояния с учетом зашумленности входных данных [3, 7].

Состав кабельных отходов очень сложный по компонентам, который определяется технологичностью (перерабатываемостью) строящейся исходя из качества получаемого конечного продукта и затрат на переработку кабельного скрапа. Также, не существует единого методического обеспечения данного производственного процесса, а каждое кабельное предприятие разрабатывает собственный подход к выбору уровня технологичности процесса переработки.

Отходы кабельно-проводниковой продукции содержат ценное сырье, которое при грамотно выбранном способе разделения позволит получить вторичное сырье достаточно высокого качества (медь и алюминий до чистоты 90%). В состав кабельной продукции входят различные материалы (рис. 1), но основным является металлическая проводящая часть (50-60%) и полимерная изоляция (15-25%). Выбор метода переработки обеспечит должный процент выхода очищенного вторичного сырья, что позволит вернуть в производственный цикл почти на 90-95% кабельных отходов.

а)

б)

Рисунок 1. Полученное вторсырье: а) медная стружка; б) пластикат

На сегодняшний день существует проблема вторичного использования различных полимерных материалов, из которых выполнена изоляция кабеля, т.к. имеет место неоднородность в его составе, а именно сочетание слоев полимеров различного типа и их последующее смешивание, что существенно ухудшает свойства выходного материала.

В отношении переработки металлических жил кабеля эта проблема стоит не так остро, т.к. токоведущая часть как правило выполняется из чистой электротехнической меди или алюминия. Однако, с целью улучшения механических характеристик кабельной продукции достаточно часто применяют броню, которая выполняется из стальных элементов (проволока или лента). Являясь конструктивным элементом, а следовательно, его составной частью, броню тоже подвергают дроблению и соответственно данный этап существенно ухудшает свойства алюминиевой и медной стружки, за счет попадания при измельчении отходов инородных металлов.

Исходя из вышеизложенного одним из основных вопросов стоящих перед качественной технологией переработки отходов кабельного производства – это вопрос увеличения процента отделения цветного металла от изоляции и других сопутствующих металлов входящих в конструкцию кабельного изделия. Переработка отходов изоляции, брони и полимерных покрытий (оболочки) также является не менее важным вопросом, т.к. полученная полимерная

масса и металлическая стружка (неметаллические компоненты) позволит решить различные производственные и экономические задачи, при обязательном соблюдении высокого процента чистоты при их переработке кабеля.

Технология переработки кабельных отходов объединяет несколько методов: электромагнитная сепарация, воздушная вибросепарация и т.д., в ходе которых происходит отделение полимерных и металлических составляющих кабельного изделия друг от друга.

Особенностью данной технологии является дробление отходов по замкнутому циклу (рис. 2), где в процессе измельчения происходит отделение металлического проводника от изоляции, что достигается разной плотностью перерабатываемых материалов. При этом нельзя применять данную технологию при переработке липких, маслonaполненных кабелей).

Для обеспечения бесперебойной и эффективной работы технологического оборудования необходимо осуществлять контроль более 85 технологических параметров. Поэтому сложное современное оборудование и растущий уровень технических требований как технологии, так и к готовому изделию требует пересмотра действующей традиционной концепции связанной с построением системы диагностики и поиска решений [3, 7].

Рисунок 2. Схема технологической линии для переработки кабельных отходов:
 1-загрузочный бункер; 2 – дробилка; 3 – транспортер; 4 - вибросетка; 5 – система воздушной вибросепарации; 6 – электромагнитный улавливатель.

Наиболее уязвимое место в рассматриваемой технологии – это воздушная вибросепарация в псевдокипящем слое [4, 5]. Предлагаемый способ позволит осуществить контроль режима работы линии по переработке отходов за счет отслеживания параметров рабочего режима оборудования и сопоставления их с заданными по технологии значениями. При этом оборудование рассматриваем, как электро-механическую систему в состав которой входят рабо-

чие узлы и механизмы (рис. 2): дробилки, транспортеры, электромагнитный улавливатель, вибросетка и система воздушной вибросепарации, а также система автоматизированной диагностики (САД), обеспечивающая регулировку работы всей линии в целом с учетом смены кабельного скраба (медь или алюминий). Диагностика всего технологического цикла позволит осуществить оценку текущего состояния ЭМС, выявить необходимость смены вибросетки -определение степени ее засоренности и

сократив при этом время технического обслуживания за счет прогнозирования «точки полного отказа». При этом каждый элемент имеет свой набор основных неисправностей и зон ограничений, своевременное обнаружение которых обеспечит повышение надежности работы всей технологической линии.

В состав технологического оборудования включается система автоматизированной диагностики (САД), которая действует на базе экспертной системы, являющейся новой информационной технологией в распознавании сигналов как рабочих параметров ЭМС так и кабельного скраба (сырья). Работу линии, как гибридной системы можно рассматривать в виде совместного функционирования устройств контроля и диагностики ЭМС, а также комплексной интеллектуальной компьютерной технологий. Применение нейронных сетей для диагностирования позволит своевременно оценить техническое состояние рабочих узлов и механизмов, а также определить степень износа ножей в дробилках, засоренности сеток виброустановки и фильтров системы воздушной вибросепарации. При этом искусственные нейронные сети (ИНС) являются вычислительными структурами, которые состоят из большого количества однотипных элементов, каждый из которых выполняет относительно простые функции. Отличительной особенностью предлагаемого способа является тот факт, что САД обладает способностью к обучению, т.е. нейронная сеть в состоянии принять и распознать сообщенную ей информацию или что от нее добиваются, выбрать необходимый режим работы (в нашем случае переход с алюминиевого сырья на медное или наоборот), сигнализировать о необходимости замены технологической оснастки (ножи, сетки, фильтры) и запустить режим очистки оборудования при переходе на новое сырье).

Решение технологической задачи базируется на использовании метода искусственного интеллекта на базе искусственных нейронных сетей, которые позволят достичь новых функциональных возможностей линии переработки кабельных отходов и улучшить качество технической диагностики. Основную роль в рассматриваемой технологии отводится системе контроллеров и датчиков (датчик вибрации, датчик шума и датчик веса), которые будут фиксировать и контролировать значения: рабочие параметры дробилок, магнитного улавливателя, ленточных конвейеров, вибросетки, системы воздушной вибросепарации (рис. 2). Правильный выбор элементов САД позволит охватить максимально обширную область косвенных данных работающей системы, включая параметры сырья (кабельного скраба), дробленки (кабельного перемола), металлических и неметаллических отходов, медной и алюминиевой стружки, а также даст возможность наиболее точно считать данные и исключить влияние сторонних факторов, создающих помехи и шумы. Все это расширит возможности технологического оборудования за счет определения ИНС факторов

наиболее важных для работающей линии путем создания общего образа контролируемой технологической системы. При этом рабочими параметрами системы (рис. 3) снимаемые группой датчиков, складываются в суммарное значение сигналов (р), а сама САД не оказывает влияние на действующую систему управления (СУ) работы технологического оборудования. Процесс управления (х) рабочими параметрами технологической линии заключается в обучении системы (сбор данных датчиков, анализ, выбор оптимального решения протекания процесса дробления) с последующим дополнением управляющих сигналов в работу всей ЭМС линии САД, что способствует улучшению работы дробильного оборудования. Выходной сигнал (у) – является суммарным параметром состояния работы системы полученный в результате аналитической обработки данных полученных с системы установленных датчиков. Программное сопровождение – ИНС и стандартные драйверы контроллера.

Рисунок 3. Блок-схема САД технологического оборудования переработки кабельных отходов

Для разработки системы управления технологической линией по переработке отходов был проведен анализ существующих моделей, которые строятся как универсальные автоматизированные системы технической диагностики [1, с. 11]. В приведенной блок-схеме (рис.4), которая представляет алгоритм работы САД имеются следующие обозначения: а – параметр состояния объекта; b, c, d, e, f – значения датчиков контроля; g – параметры скраба, дробленки и стружки, i, j – счетчики; X₁-X₆ – строка текстового файла с параметрами a-g соответственно; h – параметр обучения (было или нет); k – результат нейронной сети; l – неисправность; m – состояние системы (0 – все в порядке, 1 – есть проблемы); text – текстовая переменная для записи параметров. Таким образом ИНС обладает способностью изменять свое поведение в зависимости от внешних условий. Способность к распознаванию предъявленных входных сигналов и возможность обучения позволяет выработать для гибридной системы управления требуемую реакцию для продолжения установленного нормативной документацией требуемого технологического цикла. Завершение процедуры обучения позволит НС отсекал сторонние внешние сигналы обеспечив чистоту работающего фона для оборудования [7].

Отличительной особенностью ИНС, как гибридной САУ для линии переработки кабельных отходов

и САУ технологического оборудования изменяется незначительно. В случае изменения поведения система продолжает работать, она не гибнет, т.к. информация распределяется по всей сети, а не содержится в конкретном месте.

Рисунок 4. Блок-схема - алгоритм работы САД [1, с.11]

разные производственные задачи посредством искусственных нейронных сетей, построенных на стандартных искусственных нейронах [7].

Рисунок 4. Структура ИНС [1, с.11, 7]

Предлагаемая система построена на многослойной нейронной сети прямого распространения с сигмоидальной активационной функцией, которая позволит оценить технологическое состояние дробильного оборудования путем анализа данных датчиков, где действующий алгоритм обучения – это алгоритм обратного распространения ошибки (рис. 4). В основе разработки лежит персептрон Розенблата со

связями между слоями «все со всеми» за счет последовательно действующей системы последовательного сбора данных датчика. Важным также стоит отметить, что результативность работы ИНС определяется алгоритмизацией системы диагностики, а также уровнем разработки формальной модели принятия решений и их последующей оценки.

Список литературы:

1. Глухов Ю.А., Частиков А.П., Корниенко В.Г., Глушко С.П. Разработка устройства для экспертной диагностики систем на основе нечеткой логики нейронных сетей / Ю.А. Глухов, А.П. Частиков, В.Г. Корниенко, С.П. Глушко // Научный журнал КУБГАУ, №98(04), 2014 г. с.
2. Хассанин Хатем Мохамед Абдель Максуд Решение задач оптимизации с помощью нейронной сети хопфилда // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-22. – С. 4886-4892; URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38125> (дата обращения: 30.10.2020).
3. Электронный ресурс http://www.waste.ru/modules/section/item.php?com_mode=nest&com_order=0&itemid=181
4. Электронный ресурс <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=174>
5. Birger I.A. Tehnicheskaja diagnostika / I.A. Birger // М.: «Mashinostroenie», 1978.— 240, s.
6. Нейронные сети: практическое применение, <https://habr.com/ru/post/322392/>

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПОДГОТОВКЕ ОТВАЛЬНЫХ ШЛАКОВ
МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ПЕРЕРАБОТКИ*Аскарова Нилуфар Мусурмановна**д-р философии PhD, Алмалыкский филиал
Ташкентского государственного технического университета,
Республика Узбекистан, г. Алмалык**Самадов Алишер Усманович**д-р техн. наук, проф., Алмалыкский филиал
Ташкентского государственного университета,
Республика Узбекистан, г. Алмалык
E-mail: nilu_shas@mail.ru*INNOVATIVE APPROACH TO PREPARATION OF DUMP SLAGS
OF COPPER PRODUCTION FOR FURTHER PROCESSING*Nilufar Askarova**(PhD), Almalyk branch of Tashkent State University,
Republic of Uzbekistan, Almalyk**Alisher Samadov**Doctor of Technical Sciences prof., Almalyk branch of Tashkent State University,
Republic of Uzbekistan, Almalyk***DOI: 10.32743/UniTech.2020.80.11-5.45-47.**

АННОТАЦИЯ

В данной статье была рассмотрена подготовка отвальных шлаков медного производства к переработке. Отвальные шлаки естественного и медленного охлаждения отличаются высокой абразивностью и твердостью, которые препятствуют вскрытию сульфидных минералов. Это влияет на извлечение ценных компонентов из шлаков при переработке. Технология двухстадийного охлаждения способствует лучшему измельчению шлаков и снижению затрат на энергоресурсы и мелющие тела.

ABSTRACT

This article discussed the preparation of dump slags from copper production for processing. Since the dump slags of natural and slow cooling are characterized by high abrasiveness and hardness, which prevent the opening of sulfide minerals. This affects the recovery of valuable components from slags during processing. The two-stage cooling technology improves slag grinding and reduces energy and grinding media costs.

Ключевые слова: шлак, двухстадийное охлаждение, сульфидные минералы, техногенные отходы, минерал, быстрое охлаждение, медленное охлаждение, естественное охлаждение.

Keywords: slag, two-stage cooling, sulfide minerals, industrial waste, mineral, rapid cooling, slow cooling, natural cooling.

Истощение богатых рудных месторождений и повышение требований к охране окружающей среды указывают на необходимость особого внимания на повышение комплексности использования сырья и применения инновационных сберегающих технологий с использованием техногенных отходов производства в виде отвальных шлаков медного производства.

В связи с этим извлечение меди из медных шлаков является одной из важнейших задач цветной металлургии сегодняшнего дня.

Особенностями горно-металлургических производств являются отходы, содержащие ценные компоненты минерального сырья, позволяющие отнести их к техногенным месторождениям как объектам

комплексного использования сырья; для их повторной переработки не требуются затраты, связанные с добычей руды и рудоподготовкой [4].

В зависимости от характера последующей переработки шлаков применяют различные методы их подготовки, при которой они приобретают дополнительные свойства, благоприятствующие этой переработке.

Для последующей флотации шлаков в настоящее время считается, что необходимо получить хорошо раскристаллизованный шлак с крупными включениями сульфидов, которые являются легкофлотируемыми. Это достигается применением медленного охлаждения шлака. Для складирования шлака в отвалах используют его неорганизованное естественное охлаждение [1].

Медленное охлаждение шлаков осуществляется в ямах, траншеях или иных емкостях. Слой шлака составляет до 1 м и более. После заливки шлака его засыпают теплоизолирующим слоем дробленого шлака. Продолжительность охлаждения составляет несколько суток. После охлаждения шлак извлекается из емкости, и он поступает на дробление и измельчение, предшествующие флотации.

Однако абразивность и твердость шлака при высоких содержаниях SiO_2 , что характерно для шлаков большинства автогенных процессов, очень высока, что делает его измельчение чрезмерно энергоемким, и эта технология становится экономически неприемлемой. Это обстоятельство стало причиной перехода большинства заводов дальнего зарубежья на электротермическое обеднение шлаков, несмотря на гораздо более низкое извлечение меди [3].

В отвальных шлаках отражательной печи сульфидные частицы размером 1–30 мкм распределены в стекловидной фаялитовой фазе и ассоциированы с кристаллами магнетита. Шлаки кислородно-факельной плавки также состоят из стекловидной фаялитовой фазы в виде кристаллов магнетита размером 0,1–1 мм. В фаялите также могут присутствовать зерна магнетита размером 0,01–0,2 мм. Сульфидная фаза представлена тонкой взвесью размером около от 1 мкм до 100–200 мкм [2].

В работе указано, что медьсодержащие соединения отвальных шлаков содержат железо и медь в ассоциации с серой и кислородом, а также медьсодержащие фазы, которые неоднородны по составу и

окружены шлаковой фазой. Минералы в техногенных отходах идентичны природным по строению кристаллической решетки, химическому составу, однако отличаются изоморфизмом, и это, скорее всего, влияет на флотируемость отвальных шлаков. Очевидно, что флотация отвального шлака, который является конгломератом минералов техногенного происхождения, будет отличаться от флотации аналогичных по составу природных минералов [2].

Причиной высоких энергетических затрат для извлечения меди по флотационной технологии медного производства, особенно при их предварительной подготовке, путем медленного охлаждения является их высокая твердость и абразивность, поэтому для решения задачи экономической эффективности флотации шлаков надо найти способ снижения энергозатрат, а также расхода брони и мелющих тел при их измельчении. В связи с этим для улучшения измельчаемости шлаков без ухудшения их флотируемости изучен процесс двухстадийного охлаждения медного шлака [3].

На первой стадии в области высоких температур и в жидком состоянии шлаков идет его медленное охлаждение, при котором формируются крупные сульфидные частицы, а после окончания этого процесса шлак подвергается быстрому охлаждению, при котором в твердой структуре образуются и консервируются термические напряжения, которые и приводят к росту измельчаемости, а иногда и самоизмельчаемости шлаков.

На основе теоретического анализа данной работы предложен способ охлаждения полужидких шлаков – получение сульфидной взвеси приемлемой для флотации структуры и получение легкоизмельчаемых шлаков. При охлаждении шлаков снижается скорость диффузии сульфидов, что ведет к образованию сульфидных частиц меньшего размера.

Для изучения влияния скорости охлаждения на структурные свойства шлаков при холодной воде (сточные воды предприятия) были отобраны пробы в разных режимах охлаждения. 1 – проба отбиралась через 20 минут после розлива шлака, 2 – через 40 минут, 3 – через 60 минут, 4 – естественно охлажденный шлак [5].

Таким образом, были проведены сравнительные опыты на измельчаемость естественно охлажденных и двухстадийно охлажденных отвальных шлаков медного производства (рис. 1).

Рисунок 1. Зависимость скорости быстрого охлаждения отвального шлака от времени отстаивания

Результаты исследования показали (рис. 1), что образование структуры сульфидных соединений в шлаке при двухстадийной технологии охлаждения не зависит от скорости охлаждения, а скорость охлаждения шлака зависит от температуры и времени отстаивания.

Отвальный шлак был охлажден водой через разные промежутки времени, вследствие чего были получены куски шлака разной твердости.

Шлак после 20-минутного быстрого охлаждения и измельчения в течение 10 минут тонина помола класса $-0,074$ мм составляет 75 % (рис. 2, кривая 1). Дальнейшее продолжение измельчения не требуется. При измельчении шлака, охлажденного в течение 40 минут максимальное количество измельченного класса $-0,074$ мм достигло 90 % при 40-минутном измельчении (рис. 2, кривая 2). С увеличением

времени отстаивания шлака измельчаемость ухудшается, и требуется дополнительное время для измельчения (рис. 2, кривая 3). Естественно охлажденный шлак (рис. 2, кривая 4) измельчается 70 % до класса $-0,074$ мм при времени измельчения 60 минут.

Основным фактором в процессе измельчения отвальных шлаков является раскрытие сростков агрегатов меди. Раскрытие сростков агрегатов меди в каждом классе крупности фракции шлаков определялось микроскопическим анализом. Определено, что максимальное раскрытие агрегатов меди во всех изучаемых шлаках наблюдается при содержании класса минус $0,010$ мм, а при помоле шлаков до класса $-0,074$ мм происходит раскрытие агрегатов меди на 80–90 % [5].

Рисунок 2. Зависимость измельчения отвальных шлаков естественного и быстрого охлаждения от времени
 1 – отвальный шлак после 20 минут отстаивания; 2 – отвальный шлак после 40 минут отстаивания;
 3 – отвальный шлак после 60 минут отстаивания; 4 – естественно охлажденный шлак

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что измельчаемость шлака определяется величиной термических напряжений и возрастает с увеличением скорости двухстадийного охлаждения отвального шлака медного производства после завершения его кристаллизации, способствующей эффективности флотации и снижению затрат на энергоресурсы и мелющие тела на 30 %, а также при измельчении двухстадийно охлажденных шлаков сульфидные взвеси меди вскрываются при помоле $-0,074$ мм, для вскрытия минералов необязательно

проводить измельчение до $-0,044$ мм. При этом извлечение меди в концентрат после флотации составляет $\varepsilon = 70\text{--}71\%$, что свидетельствует об увеличении меди в концентрате и экономии расхода мелющих тел и энергоресурсов.

Технология двухстадийного охлаждения отвального шлака меняет свою структуру кристаллизации, становится более хрупким, что делает его легко измельчаемым и легко флотируемым.

Список литературы:

1. Аскарова Н.М. Совершенствование технологии переработки отвальных шлаков медного производства : дис. ... д-ра филос. техн. наук (PhD). – Навои, 2020. – 120 с.
2. Аскарова Н.М. Флотационное извлечение меди из шлаков, охлажденных в разных скоростях охлаждения // Материалы республиканской научно-технической конференции «Перспективы развития техники и технологии и достижения горно-металлургической отрасли за годы независимости Республики Узбекистан» (Навои, 12–14 мая 2011 г.). – С. 143.
3. Аскарова Н.М., Самадов А.У. Возможности переработки шлаков медного производства гидрометаллургическим способом // Вестник науки и образования. – 2020. – № 10 (88). – С. 36–40.
4. Ванюков А.В., Зайцев В.Я. Шлаки и штейны цветной металлургии. – М. : Металлургия, 1969. – 406 с.
5. Samadov A.U., Askarova N.M. Study of the Physical-mineralogical Properties of Quickly-chilled Slag and Possible Methods of its Further Processing // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India : National Institute of Science Communication and Information Resources, 2019. – Vol. 6. – Issue 4. – P. 8962–8967.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕПЛООБМЕННИКАХ

Сунил Верма

соискатель,

Ташкентский государственный технический университет,

Республика Узбекистан, г. Ташкент

E-mail: er.sunilverma19@gmail.com**Султанова Шахноза Абдувахитовна**

PhD, доцент,

Ташкентский государственный технический университет,

Республика Узбекистан, г. Ташкент

E-mail: sh.sultanova@yahoo.com**Сафаров Жасур Эсирганович**

д-р. техн. наук, профессор

Ташкентский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Ташкент

E-mail: jasursafarov@yahoo.com

RESEARCH OF HEAT EXCHANGE PROCESSES IN HEAT EXCHANGERS

Sunil Verma

Researcher,

Tashkent State Technical University

Uzbekistan, Tashkent

Shakhnoza Sultanova

PhD, Ass. professor,

Tashkent State Technical University

Uzbekistan, Tashkent

Jasur Safarov

DSc., professor

Tashkent State Technical University

Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В данной работе эксперименты по теплопередаче в компактном теплообменнике проводятся при различных условиях теплообмена вода-воздух. Характеристики отвода тепла в компактном полипропиленовом теплообменнике были получены для различных условий испытаний. Обсуждается влияние таких условий на входе, как расход воды и массовый расход воздуха.

ABSTRACT

In this study, heat transfer experiments in a compact heat exchanger are carried out under various conditions of water-air heat exchange. Heat rejection performance in a compact polypropylene heat exchanger was obtained for various test conditions. The influence of inlet conditions such as water flow and mass air flow is discussed.

Ключевые слова: теплообменники, коррозии, загрязнения, визуализация, теплопередачи.

Keywords: heat exchangers, corrosion, pollution, visualization, heat transfer.

Многие доступные используемые теплообменники сделаны из таких металлов, как алюминий и нержавеющая сталь. Хотя металлы являются хорошими проводниками тепла, они также имеют недостатки с точки зрения стоимости, веса, коррозии и

загрязнения. Это привело к необходимости разработки альтернативных теплообменников из полимерных материалов. Использование полимерных теплообменников обеспечивает значительную экономию затрат и веса, а полимеры устойчивы к коррозии

и загрязнению, что дает им преимущество перед металлическими теплообменниками [1-2].

Распределение потока внутри канала пластинчатого теплообменника показано на рисунках 1 и 2. На обоих этих рисунках распределение потока изображено линиями пути для водяных и воздушных потоков. Число Рейнольдса для водяного потока составляет более 50, а для воздушного потока - более 600. В результате в этом моделировании была использована ламинарная модель.

Рисунок 1. Визуализация потока внутри пластинчатого теплообменника, показывающая снижение температуры в направлении потока

Рисунок 2. Визуализация потока внутри пластинчатого теплообменника для воздушного канала, которая указывает на повышение температуры в направлении потока

Распределение температуры внутри водного канала показано на рисунке 3. Распределение температуры постепенно меняется от верха канала к низу, как ясно показано на рисунке.

Рисунок 3. Распределение температуры внутри водного канала

Изменение температуры на поверхности пластин пластинчатого теплообменника за счет передачи тепла от горячей воды к холодному воздуху показано на рисунке 4. На этом рисунке диапазон теплопередачи определяется по изменению цвета поверхности пластины.

Рисунок 4. Распределение температуры по поверхности пластин пластинчатого теплообменника

На рис. 5 показаны линии тока потока, окрашенные по величине скорости внутри водного канала. Как показано на рисунке, поток воды проходит от входа к внутреннему водяному каналу, прежде чем повернуть вниз, чтобы распределиться внутри канала.

Рисунок 5. Линия скорости потока внутри водного канала. Вода входит в верхний левый угол и выходит в нижнем левом углу

Эксперименты по теплообмену в компактном полипропиленовом теплообменнике проводились при различных условиях теплообмена вода-воздух. Были получены скорости отвода тепла от воды к воздуху в компактном полипропиленовом теплообменнике. Результаты показывают, что степень отвода тепла увеличивается по мере увеличения массового расхода воды и воздуха. На основании всех проведенных испытаний был сделан вывод, что компактный теплообменник работает хорошо и может эффективно снижать температуру воды. Для исследования потока жидкости и теплообмена в компактном теплообменнике была разработана трехмерная вычислительная модель.

Получены результаты моделирования скоростей отвода тепла и проведено сравнение с экспериментальными результатами. Было обнаружено, что они хорошо согласуются. Кроме того, с использованием программного обеспечения FLUENT® было проведено сравнение тепла, отводимого полипропиленом и компактным теплообменником из алюминиевого сплава, и было обнаружено, что в компактном теплообменнике из полипропилена достигается 98% скорости передачи тепла, достигаемой теплообменником из алюминиевого сплава. Анализ характеристик модели компактного теплообменника из полипропилена, разработанный в этом исследовании, показывает, что эта модель является эффективным инструментом и может быть использована в будущих приложениях.

Список литературы:

1. Jeonggyun Ham, Jinhyun Kim, Honghyun Cho. Theoretical analysis of thermal performance in a plate type liquid heat exchanger using various nanofluids based on LiBr solution. // Applied Thermal Engineering. 2016. Vol. 108. p. 1020-1032.
2. Suxin Qian, Jianlin Yu, Gang Yan. A review of regenerative heat exchange methods for various cooling technologies. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. Vol. 69. p. 535-550.

СОЛНЕЧНЫЕ ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И РАСЧЁТ ОТДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Эргашев Сирожиддин Фаязович

*д-р техн. наук, профессор,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: fesirojiddin@bk.ru*

Нигматов Улугбек Журакузиевич

*ст. преподаватель,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана,
E-mail: fernigmatov@ferpi.uz*

SOLAR PARABOLOCILINDRICAL INSTALLATIONS, CONSTRUCTIVE FEATURES AND CALCULATION OF INDIVIDUAL PARAMETERS

Sirozhiddin Ergashev

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Uzbekistan, Ferghana*

Ulugbek Nigmatov

*Senior lecturer,
Uzbekistan, Ferghana*

АННОТАЦИЯ

В статье дана краткая характеристика солнечной параболоцилиндрической установки и его основного элемента – оптического концентратора. Произведён анализ на основе наиболее упрощённой и достаточно точной методики расчёта коэффициента геометрической концентрации параболоцилиндрических зеркал. Рассмотрены случаи идеального параболоцилиндрического концентратора, имеющего небольшую апертуру. Представлен вариант вычисления коэффициента концентрации параболоцилиндрического концентратора для цилиндрических и плоских приёмников.

ABSTRACT

The article gives a brief description of a solar parabolic-cylindrical installation and its main element, an optical concentrator. The analysis is based on the most simplified and sufficiently accurate methodology for calculating the coefficient of geometric concentration of parabolic-cylindrical mirrors. The cases of an ideal parabolic-cylindrical concentrator having a small aperture are considered. A variant of calculating the concentration coefficient of a parabolic cylindrical concentrator for cylindrical and flat receivers is presented.

Ключевые слова: параболоцилиндр, концентратор, геометрический, апертура, приёмник, фокусирование, эллиптический.

Keywords: parabolic cylinder, concentrator, geometric, aperture, receiver, focusing, elliptical.

Введение.

В настоящее время большое внимание уделяется разработке, экспериментальному исследованию и практическому применению солнечных параболоцилиндрических энергетических установок, как одного из наиболее дешёвых и перспективных вариантов преобразования солнечной энергии в электрическую и тепловую [1-4]. Это связано с тем, что в параболоцилиндрических концентраторах регулировка и фокусировка зеркал осуществляются с относительно невысокой точностью и легко [5-6]. Они могут работать с простыми системами слежения за

Солнцем. Вследствие этого, в целом, капитальные затраты на эти установки могут быть небольшими [7].

Зеркальная поверхность оптического концентратора образуется продольным передвижением параболы по длине оси, перпендикулярной к оси, проходящей через её вершину. Поэтому параболоцилиндрическими называются зеркала, имеющие вид корыта (желоба) с профильным сечением в форме параболы, а в продольном сечении – в виде прямой плоскости. В отличие от параболоидных, параболоцилиндрические концентраторы не создают максимальную концентрацию лучистого потока, так как

они в профильной плоскости работают аналогично параболическому отражателю, а в продольной – плоскому зеркалу. Следовательно, параболические установки относят к среднетемпературным солнечным установкам. Диапазон их рабочих температур $+60\text{ }^{\circ}\text{C} \div +460\text{ }^{\circ}\text{C}$ [8].

Следует отметить, что конструктивно и технологично удобно выполнять параболические установки по модульной схеме, когда каждый модуль представляет собой оптический концентратор с приёмником тепла и системой слежения.

Исполнение по модульной схеме позволяет собирать установку любой необходимой мощности, а также существенно упрощать опорные конструкции и механизмы привода системы слежения за Солнцем. Систематизирование методов расчёта и технологии изготовления, а по конструктивным признакам выявление конструктивных и технологических достоинств и недостатков каждого элемента параболической системы, а также сравнительная оценка их энергетических и технико-экономических характеристик является актуальным и представляет определённый практический интерес.

Методы и материалы

Проанализируем наиболее упрощённую и достаточно точную методику расчёта коэффициента геометрической концентрации параболических зеркал. Вопросы расчёта коэффициента геометрической концентрации K_r параболических зеркал рассматривались многими авторами [9-12]. Были предложены простые выражения для определения среднегеометрической и максимальной величины коэффициента геометрической концентрации. Кроме того, решались задачи выбора оптимальных размеров и формы приёмника для достижения максимальной степени концентрации.

В случае идеального параболического концентратора, имеющего небольшую апертуру (рис. 1).

Рисунок 1. Схема параболического концентратора с небольшой апертурой B

Степень геометрической концентрации определяется выражением

$$K_r = \frac{BL}{bL} = \frac{B}{b} ; \quad (1)$$

Известно, что с увеличением апертуры увеличивается и фокусное расстояние, а также угол раскрытия (охвата) концентратора. Эта связь (так называемая степень раскрытия зеркала) характеризуется уравнением

$$\frac{B}{f} = n ; \quad (2)$$

из (рис. 1) видно, что ширина фокального пятна b определяется выражением

$$b = 2f \tan \frac{\varphi}{2} ; \quad (3)$$

подставляя выражения (2) и (3) в уравнение (1), получаем

$$K_r = \frac{n}{2 \tan \varphi / 2} ; \quad (4)$$

с учётом того, что для идеального концентратора $\varphi/2 = 16'$ или $0,00467$ рад, уравнение (4) имеет вид [9,11]

$$K_r = 107,3n ; \quad (5)$$

Наиболее оптимальная аппроксимация данного уравнения осуществляется при $n < 5$ и $n \rightarrow 0$.

Вычислим коэффициент геометрической концентрации K_r параболического концентратора для цилиндрических и плоских приёмников.

Рисунок 2. Схема параболического концентратора с цилиндрическим приёмником

Для цилиндрического приёмника (рис. 2.) коэффициент геометрической концентрации определяется формулой

$$K_r = \frac{BL}{\pi d L} = \frac{B}{\pi d} ; \quad (6)$$

диаметр приёмника находится из выражения

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{d/2}{R} = \frac{d}{2R}; \quad (7)$$

откуда

$$d = b = R(2 \sin \varphi/2); \quad (8)$$

где R – радиус отражающей точки относительно фокуса.

Из (рис. 2.) видно, что радиус R выражается уравнением

$$R = \sqrt{(f - y_1)^2 + x_1^2}; \quad (9)$$

согласно свойству параболы,

$$x^2 = 4fy; \quad (10)$$

и, следовательно,

$$R = \sqrt{(f - y_1)^2 + 4fy_1} = \sqrt{(f + y_1)^2} = f + y_1; \quad (11)$$

однако

$$y_1 = x_1^2 / 4f; \quad (12)$$

и

$$n = \frac{B}{f} = \frac{2x_1}{f}, \quad (13)$$

или

$$x_1 = \frac{nf}{2}; \quad (14)$$

с учётом уравнений (6) – (12) и (13) выражение коэффициента K_r для цилиндрического приёмника имеет вид

$$K_r = \frac{B}{\pi d} = \frac{nf}{\pi \left[R \left(2 \sin \frac{\phi}{2} \right) \right]} = \frac{nf}{\pi \left[f \left(1 + \frac{n^2}{16} \right) \left(2 \sin \frac{\phi}{2} \right) \right]} = \frac{n}{\pi \left(1 + \frac{n^2}{16} \right) \left(2 \sin \frac{\phi}{2} \right)} \cong \frac{107,3n}{\pi \left(1 + \frac{n^2}{16} \right)}; \quad (15)$$

Продифференцировав уравнение (15) по n , можно вычислить максимальную степень концентрации $K_r^{\max} = 68,3$ для цилиндрического приёмника [9].

Рисунок 3. Расчётная схема параболоцилиндрического концентратора с плоским приёмником [9]

Рассмотрим коэффициент концентрации параболоцилиндрического концентратора для плоского приёмника (рис. 3):

$$K_r = \frac{BL}{bL} = \frac{B}{b}; \quad (16)$$

Из (рис. 3) видно, что ширина приемника b равна

$$b = 2b_1; \quad (17)$$

а b_1 , из $\triangle ABC$ –

$$\frac{b_1}{\sin \gamma} = \frac{b'_1 \sin \alpha}{\sin \delta}; \quad (18)$$

следовательно,

$$b_1 = \frac{b'_1 \sin \gamma}{2 \sin \delta}; \quad (19)$$

с учётом того, что

$$\gamma = 90^\circ + \frac{\varphi}{2}; \quad (20)$$

выражение (19) принимает вид

$$\delta = 180^\circ - \gamma - \alpha = 90^\circ - \frac{\varphi}{2} - \alpha; \quad (21)$$

однако для $\varphi=32'$

$$\cos \frac{\varphi}{2} = 1,00; \quad (22)$$

$$\sin \frac{\varphi}{2} = 0,00467; \quad (23)$$

с учётом (22) и (23) уравнение (21) принимает вид

$$b_1 = b'_1 / 2 \cos \alpha; \quad (24)$$

величина b'_1 (рис. 3) определяется формулой

$$b'_1 = R \left(2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right) f \left(1 + \frac{n^2}{16} \right) \left(2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right); \quad (25)$$

угол охвата α (рис. 3) выражается формулой

$$\cos \alpha = \frac{f - y}{R}; \quad (26)$$

или

$$\cos \alpha_1 = \frac{f - y_1}{R_1} = \frac{f - y_1}{f + y_1}; \quad (27)$$

Используя соотношения (27) и (26), уравнение (25) можно записать в следующем виде

$$\cos \alpha_1 = \frac{f - \frac{n^2 f}{16}}{f + \frac{n^2 f}{16}} = \frac{1 - \frac{n^2}{16}}{1 + \frac{n^2}{16}}; \quad (28)$$

и, наконец, ширина приёмника определяется по формуле

$$b = \frac{b'_1}{\cos \alpha} \cong \frac{f \left(1 + \frac{n^2}{16} \right)^2 \left(2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right)}{\left(1 + \frac{n^2}{16} \right)}; \quad (29)$$

подставив выражения (29) и (28) в уравнение (15), получим

$$K_r = \frac{nf}{f \left(1 + \frac{n^2}{16} \right)^2 \left(2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right)} = \frac{107,3n \left(1 - \frac{n^2}{16} \right)}{\left(1 + \frac{n^2}{16} \right)^2}; \quad (30)$$

Дифференцируя выражение (30) по n , можно вычислить максимальную степень концентрации $K_r^{\max} = 107,3$ для плоского приёмника [9,13,14,15].

Для параболоцилиндрического концентратора оптимальной является форма приёмника, имеющего сечение эллиптического цилиндра (рис. 4).

б)

Рисунок 4. Расчётная схема концентратора (а) и оптимальная форма приёмника (б), имеющая сечение эллиптического цилиндра [9]

Коэффициент геометрической концентрации для приёмника, имеющего форму эллиптического цилиндра, выражается формулой

$$K_r = \frac{BL}{SL} = \frac{B}{S}; \quad (31)$$

где S – длина окружности эллиптического цилиндра.

С учётом (рис. 3) и (рис. 4) а также выражений, приведённых выше для S , М.Н. Cobble [1] получил соотношение

$$S \approx 4,598 f \left(2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right); \quad (32)$$

подставив (31) в (32) для K_r , получим

$$K_r = \frac{nf}{4,598 f \left(2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right)} = \frac{n}{4,598 \left(2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right)}; \quad (33)$$

или

$$K_r = \frac{107,3n}{4,598} = 23,34n; \quad (34)$$

Для параболоцилиндрического концентратора, имеющего степень раскрытия $n = 4$, величина $K_r^{opt.} = 93,8$, что по сравнению с цилиндрическим приёмником, имеющим $K_r^{max.} = 68,3$ при $n = 4$, является существенным. Однако реализовать эффективность эллиптических приёмников на практике невозможно (трудно технологически), так как промышленность выпускает только цилиндрические трубы.

Рисунок 5. Зависимость коэффициента концентрации параболоцилиндрического концентратора K_r в функциях степени раскрытия для различных форм приёмников [9]

Приведённый выше аналитический расчёт геометрической концентрации параболоцилиндрических концентраторов с приёмниками различной формы показывает, что геометрическая концентрация K_r параболоцилиндрического концентратора с приёмником в форме цилиндрической трубы равна $34,2n$, а с плоским приёмником – $107,3n$, которые можно использовать в инженерных расчётах солнечных энергетических установок.

Выводы

Систематизированы и установлены расчетные выражения для определения оптико-геометрических, точностных и энергетических параметров параболоцилиндрического концентратора: распределения отраженного потока лучистой энергии в фокальной плоскости E_f ; коэффициента средней энергетической K_s^{cp} и геометрической концентрации K_r ; параметр (мера) точности h ; расчетный угол раскрытия отраженного пучка φ ; угловая характеристика неточности зеркала $\Delta\varphi$.

Список литературы:

1. Kalogirou S.A. Solar Energy Engineering-Processes and Systems, 2nd ed., Elsevier. 2014. – P. 762.
2. Roman Bader, Andrea Pedretti, Aldo Steinfeld. A 9-m-Aperture Solar Parabolic Trough Concentrator Based on a Multilayer Polymer Mirror Membrane Mounted on a Concrete Structure // Journal of Solar Energy Engineering. 2011. – Vol. 133. – P. 12 – 16.
3. Avezova N.R., Khaitmukhamedov A.E., Usmanov A.Yu., and Boliyev B.B. “Solar Thermal Power Plants in the World: The Experience of Development and Operation”, Applied Solar Energy, vol.53, no. 1, pp. 72–77, 2017. doi: 10.3103/S0003701X17010030.
4. Klychev S.I., Abdurakhmanov A.A., Kuchkarov A.A. “Optical-geometric parameters of a linear Fresnel mirror with flat facets”, Applied Solar Energy, vol. 50, pp. 168–170, 2014. doi.org/ 10.3103/ S0003701X14030074.
5. K. Lovegrove, W. Stein, “Concentrating solar power technology 1st Edition (Principles, developments and applications)”, Woodhead Publishing Series in Energy, № 21, p. 704. 2012. <https://www.elsevier.com/books/concentrating-solar-power-technology/lovegrove/978-1-84569-769-3>.
6. Kuchkarov A.A. et al. Calculation of Thermal and Exergy Efficiency of Solar Power Units with Linear Radiation Concentrator. Applied Solar Energy, 2020, Vol. 56, No. 1, pp. 42–46.

7. Klychev Sh.I., Modeling of receiving – concentrating devices of solar thermal power units, Doctoral (Tech.Sci.) Dissertation, Tashkent: FTI, 2004.
8. Mukhitdinov M.M. and Ergashev, S.F., Solnechnye parabolotsilindricheskie ustanovki (Solar Parabolic Cylinders), Tashkent: FAN, 1995.
9. Cobble M.H. Theoretical concentrations for solar furnaces // Solar Energy. – 1961. – Vol. 5. – P. 61 – 72.
10. Klychev Sh.I., Zakhidov R.A., Bakhramov S.A., Fasylov A.K., Dudko Yu.A. Solar Radiation Concentration in Parabolocylindrical System with Focusing Wedge // Applied Solar Energy. 2009. – Vol. 45. №. 2. – P. 99 – 101.
11. Kuchkarov A.A., Abdurakhmanov A.A., Mamatkosimov M.A., Akhadov Zh. The optimization of the optical-geometric characteristics of mirror concentrating systems. Applied Solar Energy. 2014. Vol. 50. – P. 244 – 251.
12. Fernandez-Garcia, A., Zarza, E., Valenzuela, L., and Perez, M., Parabolic-trough solar collectors and their applications, Renewable Sustainable Energy Rev., 2010, vol. 14, no. 7, pp. 1695–1721.
13. Kuchkarov, A.A., Kholova, Sh.R., Abdumuminov, A.A., and Abdurakhmanov, A., Optical energy characteristics of the optimal module of a solar composite parabolocylindrical plant, Appl. Sol. Energy, 2018, vol. 54, no. 4, pp. 293–296.
14. Кучкаров А.А., Муминов Ш.А. Моделирование и создание плоского френелевского линейного зеркального солнечного концентратора // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. - 2020. - № 3 (72) / [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/9136>.
15. Fei Chen, Ming Li, Peng Zhang. Distribution of Energy Density and Optimization on the Surface of the Receiver for Parabolic Trough Solar Concentrator // International Journal of Photoenergy. 2015. Article ID 120917. – P. 10.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научный журнал

**UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№ 11(80)
Ноябрь 2020

Часть 5

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

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

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

16+