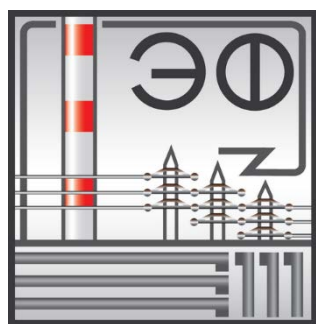


Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский национальный технический
университет

Энергетический факультет

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ – 2022



Материалы студенческой
научно - технической
конференции

*Электронное научное
издание*

Минск 2022

УДК 620.9(06)

ББК 31 я 43

А 43

С о с т а в и т е л и:

Прокопеня Иван Николаевич
Петровская Татьяна Александровна

Р е д к о л л е г и я:

Пономаренко Е.Г. (пред.), Карницкий Н.Б., Седнин В.А.,
Козловская В.Б., Манцерова Т.Ф., Новаш И.В.

Р е ц е н з е н т

Директор филиала «Учебный центр подготовки, повышения
квалификации и переподготовки кадров энергетики»
РУП «Минскэнерго»
к.т.н., доцент Саранцев В.В.

В сборник включены материалы студенческой научно-технической конференции по секциям: «Электрические системы»; «Электроснабжение»; «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника»; «Электроника и электротехника»; «Тепловые электрические станции»; «Экономика и организация энергетики».

Белорусский национальный технический университет.
Энергетический факультет.
пр - т Независимости, 65/2, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: (017) 293-92-16 Факс: 292-71 -73
E-mail: ef@bntu.by
<https://bntu.by/faculties/ef>

© Прокопеня И.Н. редак., компьютерный дизайн.
© БНТУ ЭФ, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

1. СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ	4
2. СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ	66
3. СЕКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА	84
4. СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОНИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА	167
5. СЕКЦИЯ ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ	341
6. СЕКЦИЯ ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ	430

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ****КОМПАКТНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ: СПЕЦИФИКА, ОСОБЕННОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВА**

М.Н. Булин, А.В. Борщевский

Научный руководитель – А.Л. Старжинский, к.т.н., доцент

 ГИБКАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Д.А. Бурдин, Н.М. Николаев

Научный руководитель – А.Л. Старжинский, к.т.н., доцент

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ БРЕСТСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Д.О. Жаркова

Научный руководитель – В.В. Макаревич, старший преподаватель

МОЛНИЕЗАЩИТА КОМПАКТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Д.С. Лялюк, А.И. Мисюля

Научный руководитель – А.Л. Старжинский, к.т.н., доцент

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРОКЛАДКИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 35 КВ ВМЕСТО ВОЗДУШНЫХ

И.С. Малашенко

Научный руководитель – М.А. Короткевич, д.т.н., профессор

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

К.А. Марчук, В.С. Карпов

Научный руководитель – А.Л. Старжинский, к.т.н., доцент

УПРАВЛЯЕМЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Д.Д. Тарасевич, Д.О. Лосенков

Научный руководитель – А.Л. Старжинский, к.т.н., доцент

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ 20 КВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РАЙОНОВ ГОРОДА

И.С. Хитров

Научный руководитель – М.А. Короткевич, д.т.н., профессор

ФОРМЫ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В РАСЧЕТАХ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ

А.И. Васильева

Научный руководитель – А.А. Волков, старший преподаватель

ПРОВЕРКА ГРАФОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА СВЯЗНОСТЬ

И.Д. Винников

Научный руководитель – А.А. Волков, старший преподаватель

ПЕРЕСЧЕТ МАТРИЦЫ ККОЭФФИЦИЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИ КОММУТАЦИИ

С.В. Зеньков

Научный руководитель – А.А. Волков, старший преподаватель

ОПТИМАЛЬНАЯ НУМЕРАЦИЯ ВЕРШИН ГРАФА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Г.Д. Козин

Научный руководитель – А.А. Волков, старший преподаватель

РАСЧЁТ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПОМОЩЬЮ УУН В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

П.А. Матусевич

Научный руководитель – А.А. Волков, старший преподаватель

УДК 621.315.1

**КОМПАКТНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ: СПЕЦИФИКА,
ОСОБЕННОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВА
COMPACT POWER LINES: SPECIFICITY, FEATURES, BENEFITS**

М.Н. Булин, А.В. Борщевский

Научный руководитель – А.Л. Старжинский, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

M. Bulin, A. Barshcheuski

Supervisor – A. Starzhinsky, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье обозначена актуальность внедрения и применения нетрадиционной конструкции компактной линии электропередачи, описаны специфические особенности и преимущества применения компактной электропередачи.

Abstract: the article outlines the relevance of the introduction and application of an unconventional design of a compact power transmission line, describes the specific features and advantages of using a compact power transmission.

Ключевые слова: компактная ЛЭП, линия, электропередача, нетрадиционный, воздушная линия.

Key words: compact transmission line, power line, unconventional, overhead line.

Введение

К компактными воздушным линиям электропередачи (ЛЭП) относятся воздушные линии, провода фаз которых приближены друг к другу на минимально допустимое расстояние с учетом определённых технических ограничений. Компактные линии электропередачи принципиально не отличаются от традиционных ЛЭП, но поскольку они спроектированы с той целью, чтобы занимать меньше места, они требуют некоторых технических рамок, которые не характерны для электропередачи с более традиционной конструкцией: широко разнесёнными траверсами, обеспечивающими снижение риска междуфазных коротких замыканий и схлёстывания проводников.

Современные ЛЭП характеризуются постоянно увеличивающейся протяжённостью. Земельные площади, отведённые под сооружение системы электроснабжения, также непрерывно растут, а объём задействованных под сооружение земельных ресурсов прямо пропорционален номинальному напряжению электропередачи. Зачастую земля, выделяемая под возведение линий электропередачи, является пригодной для сельскохозяйственного использования, отведения под лесные угодья или жилую застройку в границах городов.

На территории больших городов, и мегаполисов выделение земельных участков под ЛЭП сопровождается большими финансовыми затратами в связи с высокой стоимостью земли. Использование в нынешнем виде воздушных линий электропередач становится менее эффективным в виду совокупности экономико-технических факторов [1].

В контексте данной проблемы применение компактных ЛЭП заслуживает особого внимания как вариант повышения эффективности электропередачи, предоставляющий ряд преимуществ.

Основная часть

К техническим ограничениям устройства компактных ЛЭП принято относить: сокращение расстояния между проводниками в пролете при возможных качаниях, связанных с ветровой нагрузкой, очисткой ЛЭП от гололеда или иными несинхронными перемещениями; расстояния от проводников до заземленных частей опор; расстояния между фазными проводниками с учетом вероятных перенапряжений и условий ограничения коронного разряда.

Более широкая концепция конструкции компактных ЛЭП предполагает, помимо сближения фазных проводников, особое расположение расщепленных фазных проводников на опоре относительно друг друга, а также увеличение их числа по фазам по сравнению с традиционными конструкциями ЛЭП.

Компактную ЛЭП можно создать за счет сближения проводов фаз в пролете с помощью стяжек из электроизоляционных материалов (например, стержневых полимерных изоляторов), устанавливаемых в пролетах. При этом расстояния между фазами на опорах не изменяются.

Рассмотрим преимущества применения нетрадиционной конструкции компактной электропередачи по сравнению с обычной воздушной линией:

- ширина пролета ЛЭП зависит от расстояния между отдельными фазными проводами и опорой. Провода ЛЭП и изоляторы прикреплены только в одной точке траверсы [2]. В условиях ветреной погоды провода могут раскачиваться в нескольких плоскостях, вследствие чего требуется достаточное расстояние между соседними изоляторами (рисунок 1, А). В компактных ЛЭП между проводами установлены жесткие изолирующие распорки, в результате чего они не могут раскачиваться в поперечной плоскости в точках крепления (рисунок 1, Б). В результате имеется возможность уменьшить ширину пролета до 50%, а в некоторых случаях и более;

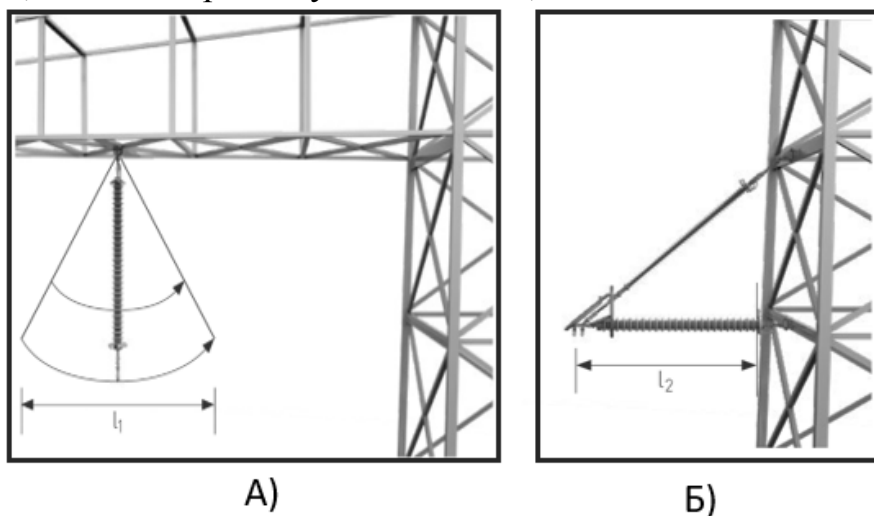


Рисунок 1 – Пример расположения изолятора на ВЛ традиционной конструкции (А); пример расположения изолятора на компактной ВЛ (Б)

- 2) так передача электроэнергии производится на переменном токе то имеет место электромагнитное поле, наводимое проводами ЛЭП. Электромагнитные поля параллельных проводников компенсируют друг друга в зависимости от расстояния между ними (чем меньше расстояние, тем больше компенсация и наоборот). В компактных линиях проводники расположены значительно ближе друг к другу, чем в обычных ЛЭП. Моделирование электромагнитного поля (рисунок 2) показывает снижение напряженности поля на 85% [2];

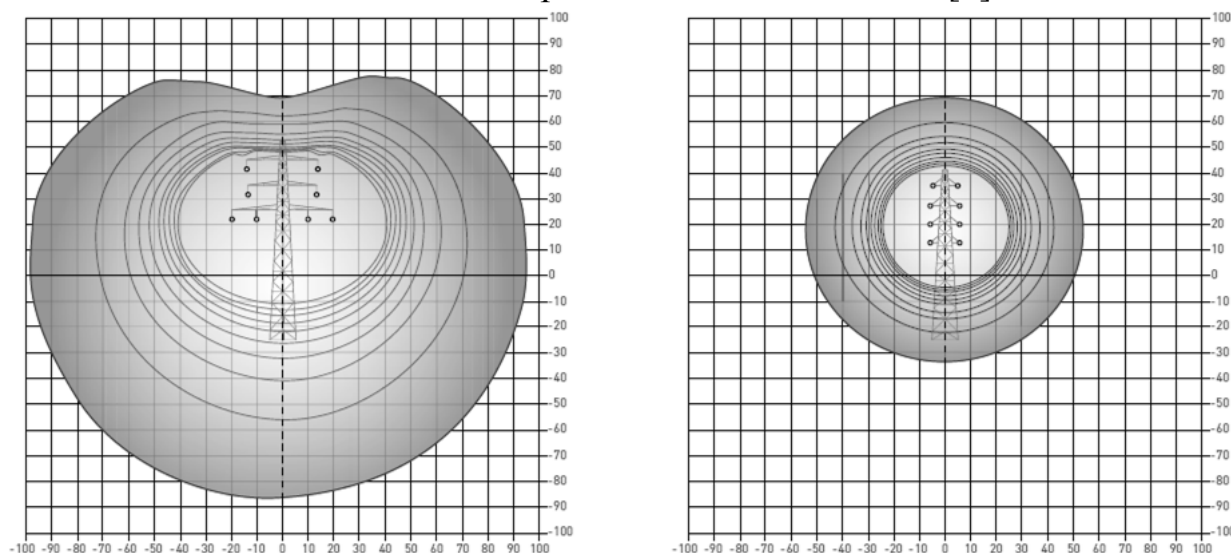


Рисунок 2 – Электромагнитное поле вокруг обыкновенной и компактной ЛЭП

- компактные ЛЭП являются более надежными. Это обусловлено тем, что в обычной ЛЭП провод имеет только по одному изолятору в точке крепления. В то же время в компактных линиях используются два изолятора. В случае, если повредится один изолятор, то второй продолжит выполнять свою функцию;
- компактные ЛЭП также имеют повышенную пропускную способность. Данный эффект достигается благодаря увеличению количества проводников в каждой фазе [3]. Например, в случае, когда передаваемая мощность воздушной ЛЭП с $U_{ном}$ 500 кВ, состоящей из трёх проводников сечением 500 мм² в каждой фазе составляет около 900 МВт, в то время как пропускная способность компактной воздушной линии электропередачи $U_{ном}$ 500 кВ, состоящей из десяти проводников сечением 300 мм² в каждой фазе увеличится втрое и достигнет приблизительно 2700 МВт.

Заключение

Современные темпы развития электропередач требуют совершенствования подходов к процессу экономии земельных ресурсов, наряду с повышением технико-экономических показателей функционирования передающих систем. Одним из перспективных вариантов модернизации существующих электропередач и построения актуальных систем являются компактные воздушные линии электропередачи, демонстрирующие более высокие показатели в сфере надёжности, пропускной способности и оптимальном

выравнивании электрического поля по сравнению с традиционными конструкциями ЛЭП.

Литература

1. Power Line [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://power-line.bg/en/products/compact-overhead-transmission-lines> – Дата доступа: 14.11.2022.
2. Compact Lines [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.pfisterer.com/fileadmin/pfisterer/downloads_en/Compact-Lines-CI-EN.pdf – Дата доступа: 14.11.2022.
3. Compact Transmission Line Design Considerations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://home.engineering.iastate.edu/~jdm/wind/Compact_Transmission_Lines.pdf – Дата доступа: 14.11.2022.

УДК 621.311

 **ГИБКАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
 FLEXIBLE ALTERNATING CURRENT TRANSMISSION SYSTEM**

Д.А. Бурдин, Н.М. Николаев

Научный руководитель – А.Л. Старжинский, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
D. Burdin, N. NikolaevSupervisor – A. Starzhinsky, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: с увеличением потребителей электроэнергии возникла необходимость в более эффективных системах управления электроснабжением, которое привело к развитию технологии производства и передачи электроэнергии. Одной из таких технологий является FACTS (Гибкая система передачи переменного тока). Системы передачи должны быть гибкими, чтобы реагировать к более разнообразным схемам генерации и нагрузки.

Abstract: with the increase in electricity consumers, the need arose for more efficient power supply management systems, which led to the development of technology for the production and transmission of electricity. One such technology is FACTS (Flexible AC Transmission System). Transmission systems must be flexible to respond to more diverse generation and load patterns.

Ключевые слова: надежность, электроснабжение, управление, передача переменного тока.

Keywords: reliability, power supply, control, AC transmission.

Введение

В настоящее время, в большинстве случаев, передача и распределение электроэнергии осуществляется по линиям переменного тока. С продолжающимся по сей день ростом нагрузки в сетях, появляется проблема увеличения пропускной способности уже действующих линий электропередач, а также управления режимами этих линий.

В связи с этим были изобретены устройства, которые могут изменять сопротивление линий и управлять потоками мощностей. Эти устройства используются в сетях для того, чтобы увеличить пропускную способность линии, повысить стабильность напряжения, получить возможность регулирования напряжения, и повысить устойчивость к различным возмущениям в энергосистеме. Наличие таких устройств в линиях позволило их называть «гибкими линиями».

Основная часть

Реактивная мощность служит для баланса индуктивной реактивной и емкостной реактивной мощности. Несоблюдение баланса снижает величину передачи активной мощности. В результате этого были разработаны методы для установления баланса между индуктивной и емкостной реактивной мощностью. Такие методы получили названия методов компенсации. Эти методы

классифицируют по типу соединения компенсирующих устройств в сеть энергосистемы: серийная компенсация и компенсация шунта.

В основе гибкой системы передачи переменного тока лежат устройства силовой электроники, до их внедрения проблемы управления линии решались с помощью установки реакторов, синхронных генераторов или конденсаторов в связке с механическими переключателями. Однако был выявлен ряд недостатков, а именно: износ механической части переключателей и достаточно долгий отклик, что безусловно не говорит о надежности данного вида управления ЛЭП. Исходя из этого, стало очевидным целесообразность использования статических преобразователей напряжения на основе современной силовой электроники.

К серийной компенсации устройств FACTS относят:

- конденсатор серии с тиристорным управлением (TCSC);
- серийный реактор с тиристорным управлением (TCSR);
- конденсатор серии с тиристорным переключением (TSSC);
- статический синхронный последовательный компенсатор (SSSC).

При последовательной компенсации устройства FACTS подключаются последовательно к сети энергосистемы. Как правило, какой-либо компенсатор подключается последовательно с линией передачи. Проанализируем целесообразность последовательной компенсации реактивной мощности. Рассмотрим простейшую энергосистему (рисунок 1).

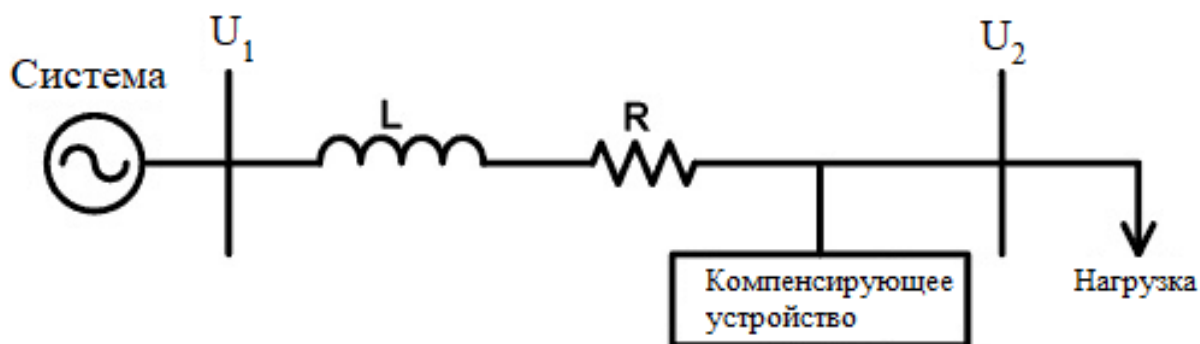


Рисунок 1 – Схема замещения сети для анализа последовательной компенсации

Пропускная способность линии электропередачи без использования компенсирующего устройства [1].

$$P = \frac{U_1 \cdot U_2}{X_L} \cdot \sin\delta, \quad (1)$$

где U_1 – напряжение в начале линии, кВ;

U_2 – напряжение в конце линии, кВ;

X_L – индуктивное сопротивление линии электропередачи, Ом;

δ – фазный угол между U_1 и U_2 .

Теперь подключим конденсатор последовательно к линии передачи. Емкостное сопротивление этого конденсатора равно X_C . Итак, общее реактивное сопротивление равно $X_L - X_C$. Таким образом, с компенсирующим устройством мощность передачи определяется выражением [2].

$$P' = \frac{U_1 \cdot U_2}{X_L - X_C} \cdot \sin \delta, \quad (2)$$

$$\frac{P'}{P} = \frac{X_L}{X_L - X_C},$$

$$\frac{P'}{P} = \frac{1}{1 - \frac{X_C}{X_L}},$$

$$\frac{P'}{P} = \frac{1}{1 - k'},$$

$$k = \frac{X_C}{X_L}.$$

Коэффициент k известен как коэффициент компенсации или степень компенсации. Обычно значение k находится в пределах от 0,4 до 0,7. Предположим, что значение k равно 0,5:

$$\frac{P'}{P} = \frac{1}{1 - 0,5} = \frac{1}{0,5} = 2,$$

$$P' = 2 \cdot P.$$

Отсюда ясно, что при использовании устройств последовательной компенсации можно передавать примерно на 50 % больше мощности.

Шунтовые компенсаторы типа FACTS:

- статический компенсатор реактивной мощности (SVC);
- реактор с тиристорным управлением (TCR);
- конденсатор с тиристорным переключением (TSC);
- реактор с тиристорным переключением (TSR).

В высоковольтной линии величина напряжения на приемном конце зависит от условий нагрузки. Емкость играет важную роль в линии передачи высокого напряжения. Рассмотрим простейшую энергосистему (рисунок 2).

Когда линия загружена, нагрузке требуется реактивная мощность. Эта потребность в реактивной мощности удовлетворяется емкостью линии. Когда высокий спрос на реактивную мощность приведет к большому падению напряжения на приемном конце линии передачи.

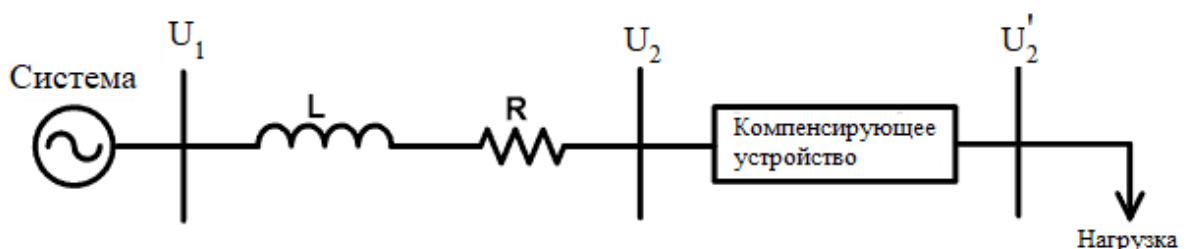


Рисунок 2 – Схема замещения сети для анализа компенсации шунта

Таким образом, батарея конденсаторов подключается параллельно линии передачи на приемном конце, чтобы обеспечить потребность в реактивной мощности:

$$Q = \frac{|U_2|^2}{x_C} = |U_2|^2 \cdot \omega \cdot C. \quad (3)$$

Это уменьшает падение напряжения на приемном конце. Если емкость линии увеличивается, напряжение на приемном конце увеличивается.

Когда линия слабо загружена, потребность в реактивной мощности меньше по сравнению с емкостью линии. В этом состоянии величина напряжения на приемном конце выше, чем величина напряжения на передающем конце. Чтобы избежать этого эффекта, шунтирующий реактор используется для последовательного соединения с линией передачи на приемном конце. Шунтирующий реактор будет поглощать дополнительную реактивную мощность из линии и поддерживать напряжение на приемном конце на номинальном уровне.

$$Q = \frac{|U_2|^2}{x_L} = \frac{|U_2|^2}{x_L \cdot \omega}. \quad (4)$$

Заключение

По результатам проделанной работы можно сделать следующие заключения: применение устройств гибкой системы передачи переменного тока в сети существенно улучшают пропускную способность линии, повышают стабильность напряжения, надежность, устойчивость к переходным процессам. Исследования доказали целесообразность применения системы на основе силовой электроники. Необходимо учитывать стоимость данных устройств, а также регулярность их обслуживания.

Литература

1. Управляемые (гибкие) системы передачи переменного тока [Электронный ресурс]/ гибкие линии. - Режим доступа: http://fsk-ees.ru/common/img/uploaded/managed_systems.pdf – Дата доступа: 08.11.2022.
2. Гибкие системы передачи электрической энергии [Электронный ресурс]/ гибкие линии. - Режим доступа: https://ipolytech.elpub.ru/jour/article/view/94?locale=ru_RU – Дата доступа: 08.11.2022.
3. Решения для передачи и распределения энергии [Электронный ресурс]/ инновационные решения. - Режим доступа: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:9c0f1cd68f6cf56788e5ffa7a983049039f4fab2/peg-part02-ru.pdf> – Дата доступа: 08.11.2022.
4. Гибкость сети [Электронный ресурс]/ пропускная способность. - Режим доступа: <https://library.e.abb.com/public/8e783f28fb37f40cc125712900482d9d/p21-24.pdf> – Дата доступа: 08.11.2022.

УДК 621.311

**АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ БРЕСТСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ
ANALYSIS OF RELIABILITY INDICATORS IN THE DESIGN OF
DISTRIBUTION NETWORKS OF THE BREST ENERGY SYSTEM**

Д.О. Жаркова

Научный руководитель – В.В. Макаревич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D. Zharkova

Supervisor – V. Makarevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в работе проведен сравнительный анализ надежности распределительных сетей Брестской энергосистемы. Приведены мероприятия по повышению надежности электроснабжения потребителей.*

***Abstract:** In this paper, a comparative analysis of the reliability of distribution networks of the Brest energy system is carried out. Measures to improve the reliability of power supply to consumers are given.*

***Ключевые слова:** надежность, энергоснабжение, распределительная сеть, кабель, воздушная линия.*

***Keywords:** reliability, power supply, distribution network, cable, overhead line.*

Введение

При проектировании распределительных сетей в первую очередь должно учитываться надежное и качественное электроснабжение потребителей [1,2]. Это можно обеспечить, если оценить недостатки уже имеющихся линий электропередач, выяснить наиболее частые причины перебоев в снабжении потребителей и при проектировании и строительстве новых линий по максимуму предупреждать данные проблемы. В данной работе будет проведен анализ показателей надежности распределительных сетей за последние 3 года на примере сетей Брестской энергосистемы.

Основная часть

Всего аварийных отключений ЛЭП 6–10 кВ в период с 01.01.2021 по 31.12.2021г. составило 896, в том числе из-за отключений КЛ – 352, отключений ВЛ – 544. При этом погасалось 11104 ТП (таблица 1).

Если рассматривать причины отключения КЛ, то 178 отключений из 352, а это составляет 50,57%, произошло по причине повреждения изоляции кабеля (старение, посадка грунта и т. п.). Из-за повреждений на потребительской КЛ произошло 68 отключений (19,32%). Еще 46 отключений (13,07%) – по причине повреждения концевой муфты, а по причине повреждения соединительной муфты – 5 отключений (1,42%). Повреждения на КТП, РП, СТП, ТП послужили причиной для 25 отключений (7,1%). Выделяют также, как отдельную причину, механические повреждения на КЛ – 4 отключения (1,13%). 12 отключений (3,41%) – прочие причины и 14 отключений (3,98%) – причина не установлена.

Таблица 1 – Сводка о причинах аварийных отключений КЛ 6–10 кВ за период с 01.01.2021 по 31.12.2021 г.

Объект	Барановичский ФЭС	Пружанский ФЭС	Брестский ФЭС	Пинский ФЭС	РУП Брестэнерго
Всего отключений	102	5	188	57	352
Повреждения изоляции кабеля	51	3	97	27	178
Повреждения соединительной муфты	1		3	1	5
Повреждения концевой муфты	12	1	20	13	46
Механические повреждения КЛ	3	1			4
Повреждение на КТП, РП, СТП, ТП и т. д.	6		16	3	25
Повреждение на потребительской КЛ	19		37	12	68
Причина не установлена	2		11	1	14
Прочие причины	8		4		12

Что касается отключения ВЛ, то тут основной причиной является падение дерева, веток, перекрытие на поросль без обрыва провода. В лесном массиве Гослесфонда таких отключений было 135 (24,82%), а в лесном массиве вне Гослесфонда – 71 отключение (13,05%). Повреждения на КТП, РП, СТП, ТП, а также на разъединителях послужили причиной для 91 отключения (16,73%). По причине обрыва провода в связи с погодными условиями (ветер, снег, мороз, гололед) произошло 85 отключений (15,63%). По причине обрыва провода в связи с падением дерева – 31 отключение (5,69%) в лесном массиве Гослесфонда и 14 отключений (2,57%) в лесном массиве вне Гослесфонда. 33 отключения (6,06%) произошло из-за повреждений на потребительском участке, 26 отключений (4,78%) – из-за повреждений эл-та ВЛ, 9 отключений (1,65%) – из-за грозových перенапряжений, 8 (1,47%) – из-за перекрытия птицами, животными, 7 (1,28%) – из-за действий посторонних лиц, 5 отключений (0,92%) – отключение ВЛП с дефектами на линии (падение дерева, веток, перенапряжение). 10 отключений (1,84%) – прочие причины и 19 отключений (3,51%) – причина не установлена (таблица 2).

Исходя из причин отключения ЛЭП 6–10 кВ СРЭС РУП «Брестэнерго» утвердила следующие основные мероприятия по повышению надежности:

по КЛ:

- замена изношенных и самортизированных кабельных линий в

соответствии с утвержденным перечнем. В первую очередь замене подвергаются кабели с большим количеством повреждений, часто отключаемые. В 2019 году была произведена замена 54,58 км линий, в 2020–52,44 км, в 2021 – 60,19 км;

- продолжение замены вертикальных участков КЛ 6–10 кВ на кабели с нестекаемым составом (ЦАСБ);
- продолжение выполнения плановых работ по замене старых концевых битумных разделок на термоусаживаемые.

Таблица 2 – Сводка о причинах аварийных отключений ВЛ 6–10 кВ за период с 01.01.2021 по 31.12.2021 г.

Объект	Барановичский ФЭС	Пружанский ФЭС	Брестский ФЭС	Пинский ФЭС	РУП Брестэнерго
Всего	158	31	142	218	544
Падение дерева с обрывом провода в лесном массиве Гослесфонда	13	4	5	9	21
Падение дерева с обрывом провода в лесном массиве вне Гослесфонда	4	1	7	2	14
Падение дерева, веток, покрытие на поросль без обрыва провода в лесном массиве Гослесфонда	33	15	34	45	135
Падение дерева, веток, покрытие на поросль без обрыва провода в лесном массиве вне Гослесфонда	20	3	19	29	71
Обрыв провода (ветер, снег, мороз, гололёд)	5	3	17	60	85
Повреждение элемента ВЛ	11		8	7	26
Повреждение на КТП, РП, СТП, ТП и т. д.	35	5	18	35	91
Отключение ВЛП с дефектами на линии	2		2	1	5
Грозовые перенапряжения			4	5	9
Перекрытие птицами, животными	4		2	2	8
Прочие причины	23		41	18	82

Второе и третье мероприятие является относительно новым, поэтому количественная отчетность пока отсутствует;

по ВЛ:

- расчистка просек ВЛ и уборка опасных деревьев в полосах леса, примыкающих к просекам ВЛ. Расчистка просек в 2019 году составила 576,3 га/ 490,7 км, в 2020 – 725,8 га/ 589,2 км, в 2021 – 528,4 га/ 448 км. Уборка опасных деревьев в 2019 году составила 266,3 га/225,1 км, в 2020 – 240,6 га/218,5 км, 2021 – 639,33 га/ 318,95 км;
- выполнение объёмов по замене неизолированного провода на изолированный на ВЛ, проходящих по лесным массивам, в соответствии с утверждённой программой. В 2019 году была произведена замена 107,9 км линии, в 2020 – 135,39 км, в 2021 – 143,61 км;
- установка реклоузеров на ВЛ-10 кВ. В 2019 году было установлено 19 штук, в 2020–267 штук, в 2021 – 23 штуки;

по ТП. Предусматривается замена КТП на МТП или СТП. В 2019 году было произведено 62 замены, в 2020 – 230 замен, в 2021 – 347 замен.

Заключение

Таким образом, проанализировав надежность распределительных сетей Брестской энергосистемы, можно сделать вывод, что наблюдается положительная динамика по количеству отключений из года в год, что в свою очередь является результатом правильных и своевременных мероприятий по повышению надежности линий 6-10 кВ, проводимых филиалами РУП Брестэнерго. В свою очередь при проектировании распределительных сетей в данном районе необходимо еще на этапе строительства принимать меры по улучшению качества возводимых линий, учитывая выявленные наиболее распространённые причины отключения воздушных и кабельных линий.

Литература

1. Фадеева, Г.А. Проектирование распределительных электрических сетей: [учебное пособие для втузов по энергетическим специальностям] / Г.А. Фадеева, В.Т. Федин; под общ. ред. В.Т. Федин. – Минск: Вышэйшая школа, 2009. – 365 с.

2. SIEMENS [Электронный ресурс]/ Проектирование распределительной сети - Режим доступа: <https://new.siemens.com/ru/ru/produkty/energetika/servis/servis-dlya-peredachi-raspredeleniya-ehlektroehnergii-i-umnyh-setej/planirovanie-i-konsultirovanie/issledovaniya-energeticheskikh-sistem/proektirovanie-raspredelitelnoj-seti.html> – Дата доступа: 16.10.2022.

УДК 621.311

**МОЛНИЕЗАЩИТА КОМПАКТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ
LIGHTNING PROTECTION OF COMPACT TRANSMISSION LINES**

Д.С. Лялюк, А.И. Мисюля

Научный руководитель – А.Л. Старжинский, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D. Lyalyuk, A. Misyulya

Supervisor – A. Starzhinsky, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: *определение молниезащиты компактных линий электропередач. Представлены компьютерные модели опор, грозозащитных тросов и проводников, системы заземления. Анализ чувствительности относительно формы волны тока молнии, места удара, удельного сопротивления земли, типа опоры и рельефа местности.*

Abstract: *determination of the lightning performance of compact transmission lines is described. Computer models of towers, ground wires and conductors, and the earthing system are presented. Computer simulations include a sensitivity analysis relative to the waveform of the lightning current, stroke location, earth resistivity, type of tower and terrain profile.*

Ключевые слова: *грозовые переходные процессы, компактные линии электропередач, моделирование EMTP.*

Keywords: *Lightning Transients, Compact Transmission Lines, EMTP Modeling.*

Введение

Были проведены технико-экономические исследования для определения затрат и экономических ограничений, связанных с проектом. Одним из следствий этих исследований было то, что использование компактных линий электропередач дадут несколько преимуществ, в том числе, более длительные периоды времени между обновлениями, сокращение параллельной и последовательной реактивной компенсации, а также увеличение пропускной способности существующих линий.

Недавно в нескольких странах был введен в эксплуатацию новый тип компактной линии передачи, названный линией передачи с высоким импульсным сопротивлением (HSIL), с более высоким уровнем компактности. HSIL – это новая концепция проектирования линий электропередач, поскольку она использует комбинацию таких функций, как сокращение расстояния между проводниками, принадлежащими к разным фазам, и увеличение как количества, так и относительных расстояний между подпроводниками одной фазы. Целью данной работы является анализ производительности молнии компактных линий, включая линии HSIL.

Основная часть

Исследования, связанные с влиянием ударов молнии на линии электропередач, имеют принципиальное значение на этапе проектирования

опор, так как неправильный выбор электрических параметров опоры может привести к высокой частоте отключений.

В зависимости от расположения разряда относительно проводов, составляющих линию передачи, могут возникнуть две ситуации. Первая, называемая прямым ударом, происходит при прямом ударе по фазному проводу, что, в свою очередь, приводит к увеличению напряжения в этой фазе.

Вторая ситуация, называемая непрямым ударом, и возникает при попадании разряда в заземляющий провод. В отличие от первой ситуации, очень трудно полностью исключить отключения. В случае не прямых ударов в месте разряда генерируются бегущие волны напряжения и тока, которые затем распространяются по проводам, пока не достигнут соседних опор. Это, в свою очередь, приводит к возникновению отраженных волн. Если разница напряжений между проводником и опорой превышает изолирующую силу, происходит разряд. Это явление называется обратная вспышка.

Волна напряжения на мачте называется переходным напряжением на вершине мачты и зависит от тока молнии и связанной с ней формы волны, места удара и параметров линии передачи. Применительно к гирлянде изолятора она определяется как [1]:

$$V_s(t) = (1 - k)V_t + V_n(t), \quad (1)$$

где $V_s(t)$ - разность потенциалов между концами изолятора;

k - коэффициент связи между проводником и заземляющим проводом;

V_t - переходное максимальное напряжение на вершине опоры;

$V_n(t)$ – мгновенное напряжение на проводнике.

Используемый в данной работе подход к определению производительности компактных линий основан на электрогеометрической модели, которая учитывает тип молнии и образование проводящего канала в конце разряда. Схематическое изображение дистанции поражения относительно проводов ЛЭП показано на рисунке 1. Согласно этой модели, разряд возникает, когда концентрация электрического заряда облака превышает силу воздуха.

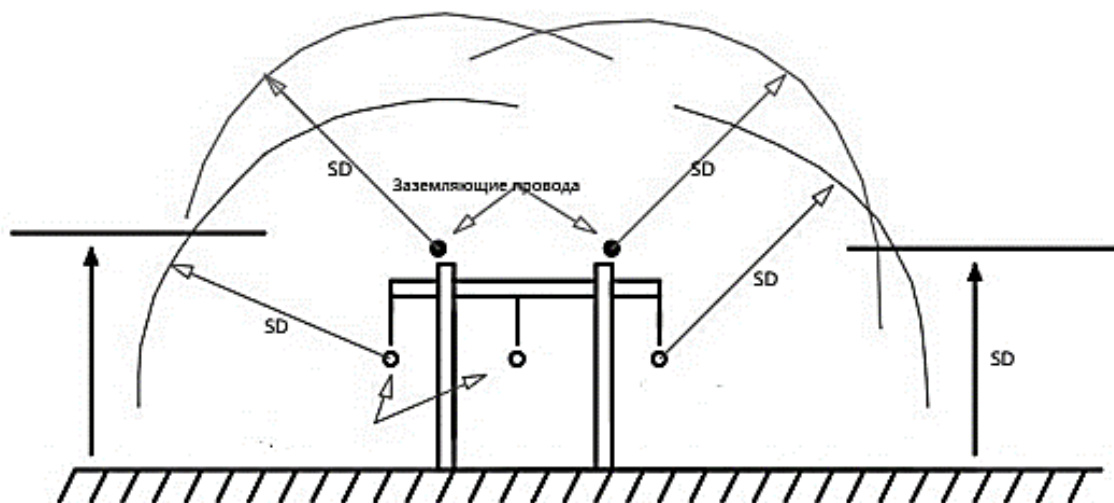


Рисунок 1 – Схематическое изображение дистанций удара относительно ЛЭП

Моделирование линии электропередачи. Элементы ЛЭП моделируются согласно рисунку 2, на котором показаны две принципиальные схемы с учетом сбросов, происходящих на опоре и в середине пролета, соответственно.

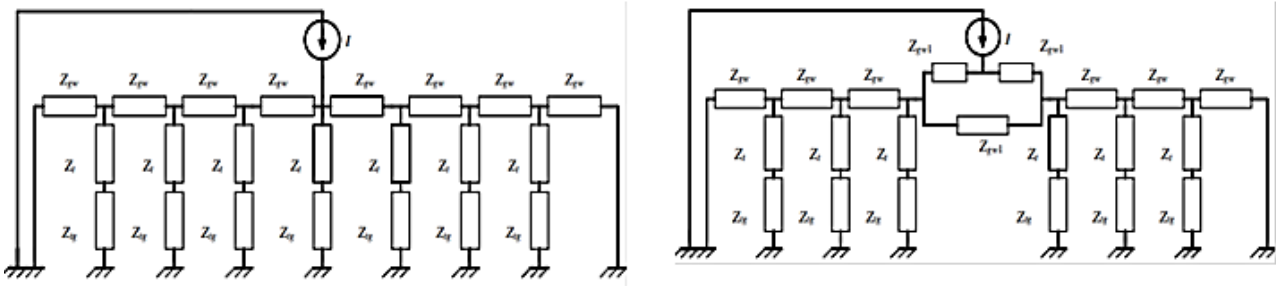


Рисунок 2 - Эквивалентные схемы для удара разряда молнии в башню или промежуточный пролет

Параметры, используемые для представления схем на рисунке 2, являются ток молнии I , эквивалентный перенапряжение заземляющего провода Z_{gw} , и заземляющий провод, опора и заземление опоры перенапряжения Z_{gw1} , Z_t и Z_{tg} соответственно. Стоит отметить, что $Z_{gw} = Z_{gw1}$, если на мачте имеется один заземляющий провод.

Моделирование земли башни. В эквивалентной схеме, когда единичное ступенчатое напряжение подается проводом под землей, представленный здесь проводом противовеса, показанного на рис.3, его импеданс изменяется во времени, согласно уравнению

$$Z_{tg}(t) = R_d + (Z_s - R_d) \frac{tv}{2l}, \quad (2)$$

где R_d и Z_s — значения Z_{tg} при $t \rightarrow \infty$ и при $t = 0$, соответственно. В уравнении v представляет текущую скорость волны на противовесе длиной l .

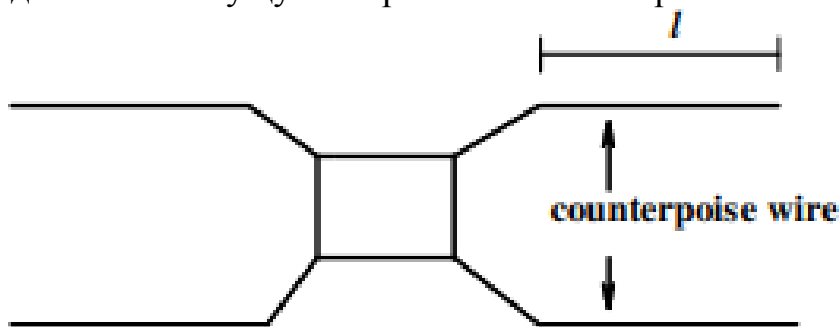


Рисунок 3 – Типовая конфигурация заземления ЛЭП

Параметр R_d получается из следующего выражения:

$$R_d = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{a} + \ln \frac{2l}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{l} + 0.645 \frac{s^2}{l^2} - 0.145 \frac{s^4}{l^4} \right), \quad (3)$$

где a - диаметр проволоки;

s - удвоенная глубина противовеса;

ρ – удельное сопротивление грунта.

Волна тока молнии. Две линейные функции используются для представления, текущей формы волны, как показано на рисунке 4. Параметр T_d – время, необходимое, для снижения амплитуды тока до половины своего максимального значения, T_f – время нарастания.

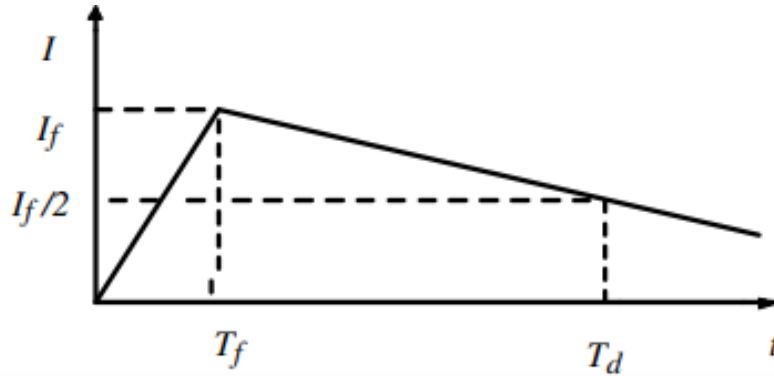
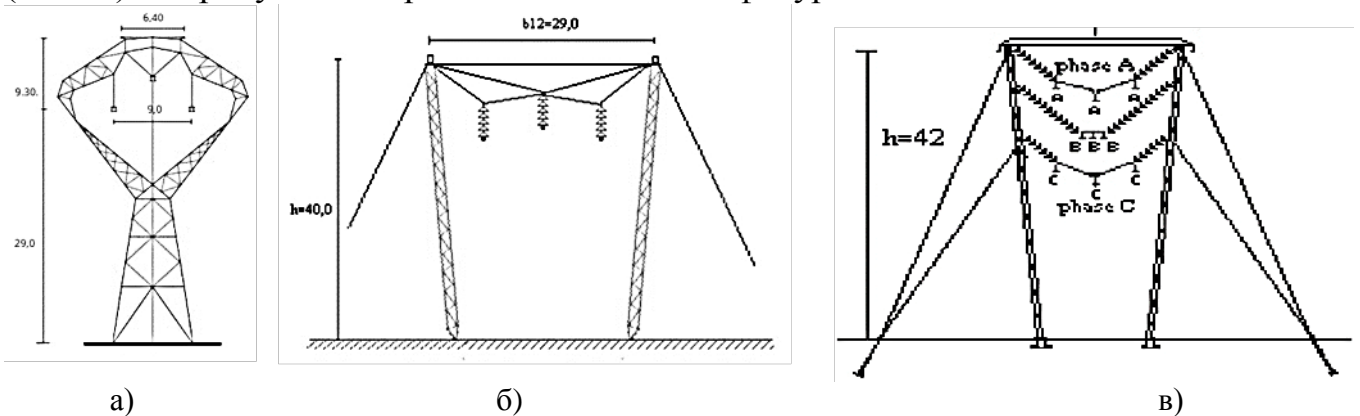


Рисунок 4 – Модельная функция, описывающая волну тока молнии

Экспериментальные наблюдения показывают, что параметры характеризующие ток молнии, обычно составляют $T_d \approx 50$ мкс и $T_f < 5$ мкс [2].

Были выбраны три типа компактных опор, а именно: самонесущие 500кВ (с одним и двумя грозозащитными тросами) и поперечная цепочка (500кВ) и HSIL (230кВ). На рисунках 5 представлены эти конфигурации башни.



а) самонесущая 500 кВ (один и два провода заземления), б) цепочка с поперечным сечением 500кВ, в) цепочка с поперечным сечением HSIL 230кВ

Рисунок 5 – Конфигурации опор линий электропередачи

Для представления волнового сопротивления опоры необходимо учитывать время распространения волны тока вдоль конструкции опоры для каждой из конфигураций, показанных на рисунке 5. Выражение для импульсного сопротивления простой модели можно записать в виде:

$$Z_t = 60 \left(\ln \left(2h \frac{\sqrt{2}}{r} \right) - 1 \right) \quad (4)$$

В таблице 1 приведены расчетные значения волнового сопротивления опоры, рассмотренные в данной работе.

Эквивалентное волновое сопротивление заземляющего провода определяется по формуле:

$$Z_{gw} = 60 \ln\left(\frac{2h_{gw}}{r_{eq}}\right), \quad (5)$$

где h_{gw} -средняя высота заземляющего троса;

r_{eq} –эквивалентный радиус комбинации заземляющих тросов.

Таблица 1 - Расчетные значения сопротивлений

Тип опоры	Z_t	Z_{gw}
Самонесущая (1 провод заземления)	173	557
Самонесущая (2 провода заземления)	176	345
Цепочка с поперечным канатом (230 кВ)	100	304

Перед определением молниезащиты для различных типов опор, исследованных в этой работе, переходное напряжение на вершине изучалось при фиксированном значении пикового разрядного тока. Расчеты проводились путем установки пикового тока молнии при 10 кА.

Пиковая амплитуда тока молнии была связана с накопленной функцией вероятности:

$$P(I_f \geq I) = \frac{1}{1 + (I / 25)^2}, \quad (5)$$

где I_f -пиковый ток;

I - независимая переменная, оба выражены в кА.

Параметр T_d был установлен на 50 мкс, и время нарастания T_f был выбран случайным образом из множества значения (1 мкс, 3 мкс и 5 мкс).

В исследованиях учитывались эффекты короны. В модели радиус кабеля должен быть скорректирован с помощью выражения

$$R_c = k_1 v + k_2 v + r, \quad (6)$$

где R_c это скорректированный радиус кабеля;

k_1 и k_2 –коэффициенты, зависящие от высоты кабеля, v -напряжение, r - радиус кабеля.

Заключение

Результаты, полученные в данной работе, можно обобщить согласно следующим выводам:

- переходное напряжение на вершине опоры зависит от вариаций волнового фронта тока молнии, удельного сопротивления грунта и типа опоры;
- исследования переходных процессов молний показывают, что необходимо создать подходящее моделирование системы заземления,

- а также включить изменение удельного сопротивления грунта в исследования характеристик молний;
- Важно учитывать тип рельефа местности при исследованиях молниезащиты линий электропередач;
 - использование самонесущих опор с одним заземляющим проводом также технически возможны, и их использование может снизить затраты на установку ЛЭП.

Литература

1. Молниезащита воздушных линий напряжением до 1000В [Электронный ресурс]/ zandz.com – Режим доступа: https://zandz.com/ru/biblioteka/molniezashchita_vozdushnykh_linii_napryazheniem_do_1000_v/– Дата доступа: 06.11.2022.
2. Компактные воздушные линии электропередачи [Электронный ресурс]/ stroitelstvo-new.ru – Режим доступа: <http://www.stroitelstvo-new.ru/elektromonter/kompaktnye-vozdushnye-linii-elektroperedachi.shtml>– Дата доступа: 06.11.2022.

УДК 621.316

**ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРОКЛАДКИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 35 КВ ВМЕСТО ВОЗДУШНЫХ
EXPEDIENCY OF LAYING A CABLE LINE WITH A VOLTAGE OF 35 kV
INSTEAD OF AN OVERHEAD LINE**

И.С. Малашенко

Научный руководитель – М.А. Короткевич, д.т.н., профессор
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Malashenko

Supervisor – M. Korotkevich, Doctor of Technical Sciences, Professor
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: целесообразность прокладки кабельной линии электропередачи напряжением 35 кВ вместо воздушной определена на основе сравнения приведенных затрат, включающих капитальные затраты и годовые эксплуатационные издержки, ежегодный ущерб окружающей среде, стоимость подготовки трассы для прокладки линии через лесной массив.

Abstract: the feasibility of laying a cable power line with a voltage of 35 kV instead of an overhead power line was determined based on a comparison of the reduced costs, including capital costs and annual operating costs, annual environmental damage, and the cost of preparing a route for laying a line through a forest.

Ключевые слова: Воздушные линии электропередачи, кабельные линии электропередачи, электрическая сеть.

Keywords: Overhead power lines, cable power lines, electrical network.

Введение

Для оценки целесообразности сооружения кабельных линий электропередачи напряжением 35 кВ вместо воздушных необходимо определить: капитальные затраты на сооружение указанных линий электропередачи, значения годовых эксплуатационных расходов, ширину просеки для сооружения воздушной и кабельной линии при их прохождении через лесной массив.

Основная часть

При сооружении линий, проходящих через лесные массивы, необходима вырубка леса для создания и устройства временных дорог, что приводит к увеличению стоимости линий до 6 раз по сравнению со стоимостью линии, прокладываемой по трассе без ее предварительной подготовки [1]. Здесь учитываются не только трудозатраты на подготовку трассы линии, но и снижение водоохраных, водорегулирующих, противоэрозионных, климаторегулирующих, почвозащитных, полезащитных функций леса. Минимальная ширина просеки должна быть такой, чтобы исключить падения деревьев из крайнего ряда на провода или обеспечить необходимые изоляционные промежутки от отклоненных проводов до кроны ценных лесных насаждений либо деревьев на краю просеки при их высоте до 20...25 м. Для сооружения воздушной линии напряжением 35 кВ требуется просека шириной

51,5 м, в то же время для прокладки кабельной линии требуется просека шириной 4 м.

Для обоснования целесообразности прокладки кабельных линий электропередачи напряжением 35 кВ вместо воздушных линий требуется сравнить стоимость потерянной электроэнергии в данных линиях. Стоимость потерянной электроэнергии в кабельной линии электропередачи напряжением 35 кВ меньше, чем в воздушной линии того же напряжения при различных значениях времени наибольших потерь из-за меньшего сопротивления кабеля, что свидетельствует о целесообразности прокладки кабельной линии по данному критерию сравнения.

Воздушные линии электропередачи оказывают негативное влияние на окружающую среду, в частности на ее экологические, социальные и экономические системы. Введенная в эксплуатацию воздушная линия электропередачи изменяет рельеф местности и оказывает влияние на условия жизни населения вблизи линии: создает дискомфорт, вызванный акустическим шумом, исходящим от линии, воздействием на телевидение, связь, радио; необходимостью соблюдения безопасности и продолжительности пребывания в зоне отчуждения линии из-за высокой напряженности электрического поля и повышенной концентрации озона и окислов азота. Под проводами действующих линий электропередачи и вблизи их существует магнитное поле, интенсивность которого возрастает с ростом номинального напряжения линий и снижается по мере удаления от нее. Воздействие электрического поля проявляется в виде токов, напряжений, зарядов, индуцируемых в людях, животных, машинах, находящихся на земле вблизи проводов воздушных линий. Биологическое воздействие электрического поля обусловлено прохождением токов смещения через тело человека.

Кабельные линии оказывают тепловое и химическое воздействие на окружающую среду [2]. Воздействие отрицательных и положительных температур, влаги, растворов щелочи и кислот, ультрафиолетового спектра солнечного излучения, кислорода воздуха, в свою очередь, оказывает негативное влияние на конструкцию и параметры электрических кабелей. Для количественной оценки воздействия материалов электрических кабелей на окружающую среду был разработан подход, который основан на делении материалов электрических кабелей на три группы по уровню их воздействия на окружающую среду: материалы с низким, средним и высоким уровнями. Данный подход учитывает не только токсичность материалов кабелей, но и их объемное содержание на участке кабеля. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена на напряжение 35 кВ в зависимости от наличия брони, материала жилы и типа оболочки оказывают меньшее влияние на окружающую среду по сравнению с линиями с традиционной изоляцией (до 1,891 раза).

В ходе эксплуатации воздушных и кабельных линий электропередачи они подвергаются внешним воздействиям, из-за которых может произойти отключение линии. Из-за этого появляется недоотпуск электроэнергии потребителям. Нами показано, что стоимость недоотпущенной электроэнергии

из-за повреждений кабельных линий в два раза меньше, чем из-за повреждений воздушных линий.

Нами установлено, что приведенные затраты на сооружение кабельной линии меньше, чем приведенные затраты на сооружение воздушной линии того же номинального напряжения. Сооружение кабельной линии позволяет уменьшить стоимость и себестоимость передачи электроэнергии из-за меньших, по сравнению с воздушной линией, годовых эксплуатационных расходов и приведенных затрат на строительство.

Заключение

Таким образом, получен вывод о том, что прокладка кабельной линии электропередачи напряжением 35 кВ целесообразней воздушной.

Литература

1. Короткевич, М. А. Монтаж электрических сетей : учеб. пособие для студентов учреждений высшего образования по электротехническим специальностям / М. А. Короткевич. - Минск : Вышэйшая школа, 2012. - 510 с.
2. Короткевич, М. А. Оценка воздействия кабельных линий электропередачи на окружающую среду = The Evaluation of Impact of Cable Power Lines on the Environment / М. А. Короткевич, С. Н. Азаров // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2019. – № 5. – С. 422-432.

УДК 621.311

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ
LOSS PREDICTION IN POWER LINES**

К.А. Марчук, В.С. Карпов

Научный руководитель – А.Л. Старжинский, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

K. Marchuk, V. Karpov

Supervisor – A. Starzhinsky, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в работе рассматривается возможность применения моделей машинного обучения для решения задачи прогнозирования потерь в линиях электропередач, а также осуществляется отбор модели по критерию MSE.

Abstract: the paper considers the possibility of using machine learning models to solve the problem of predicting losses in power lines, and also selects the model according to the MSE criterion.

Ключевые слова: машинное обучение, потери в сети, корреляционная матрица.
Keywords: machine learning, network losses, correlation matrix.

Введение

Машинное обучение уже сегодня позволяет решать огромное количество задач, но в данной работе будет рассмотрена перспектива прогнозирования потерь в линиях электропередач по параметрам режима.

Достижению высокой точности прогнозирования мешают несколько факторов:

- погрешность счетчиков;
- отсутствие возможности учета случайных событий.

Основная часть

Для данной работы, как и для любого проекта, необходимо собрать данные, обработать, а затем на этих же данных обучиться. Для учета электроэнергии в электрических сетях энергосистемы Беларуси, как правило, используются цифровые приборы учёта, которые в отличие от индукционных, позволяют учитывать график потребления электроэнергии с получасовыми интервалами усреднения (рисунок 1).

Параметры трансформаторов сведем в таблицы 1 и 2 и осуществим расчет параметров схемы.

При длине линии более 300 км её параметры нужно уточнить [1]:

$$\underline{Z} = R + j \cdot X = (r_0 + j \cdot x_0) \cdot L \cdot \underline{k}_z \quad (1)$$

$$\underline{Y} = G + j \cdot B = (g_0 + j \cdot b_0) \cdot L \cdot \underline{k}_y, \quad (2)$$

где r_0 , x_0 – удельные активное и реактивное сопротивления соответственно, Ом/км;

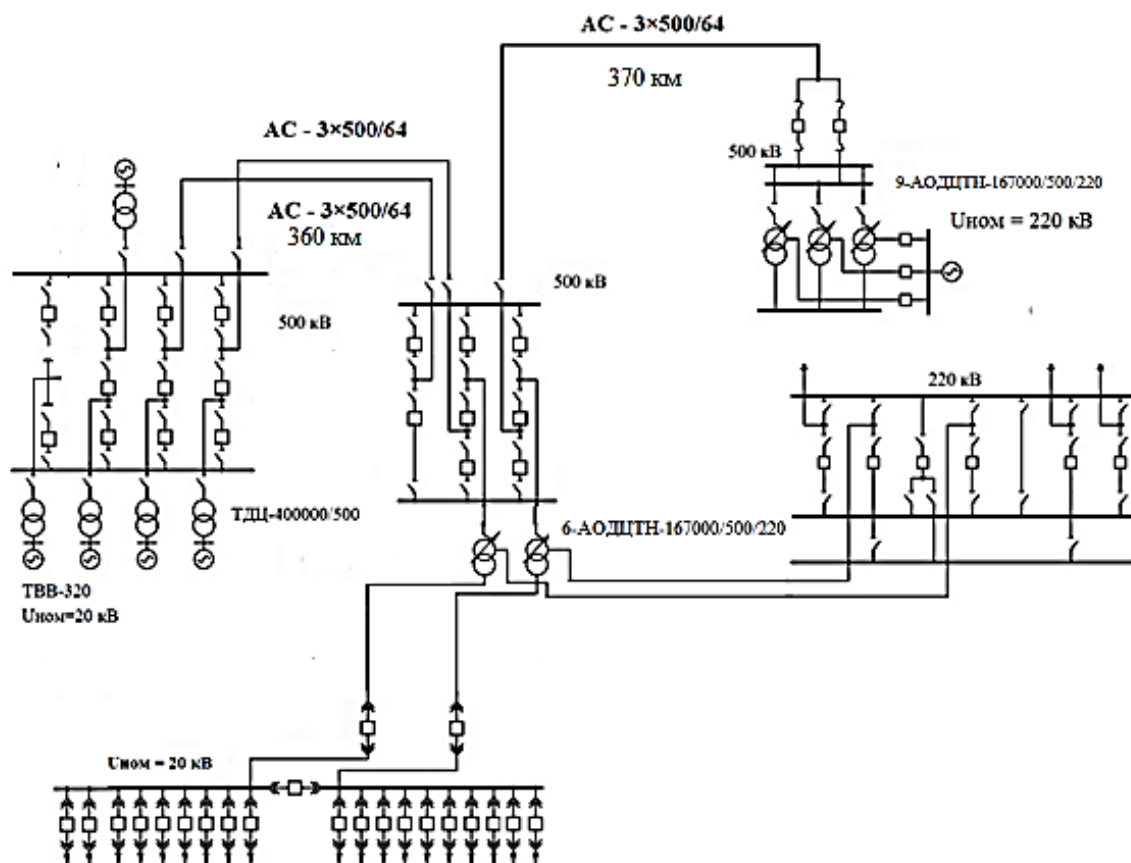


Рисунок 1 – Схема электропередачи

Таблица 1 – Параметры трансформатора АОДЦТН-167000/500/220

Тип	$S_{\text{НОМ}}$, МВ·А	Каталожные данные						
		$U_{\text{НОМ}}$, кВ			$U_{\text{к}}$, %			
АОДЦТН-167000/500/220	167	ВН	СН	НН	В-С	В-Н	С-Н	
		500/ $\sqrt{3}$	230/ $\sqrt{3}$	11	11	35	21,5	
		$\Delta P_{\text{к}}$, кВт		$\Delta P_{\text{х}}$, кВт		$I_{\text{х}}$, %		
		ВН-СН		125		0,4		
		325						
		Расчетные данные						
		$R_{\text{т}}$, Ом			$X_{\text{т}}$, Ом			
		ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
		0,58	0,39	2,9	61,1	0	113,5	
		$\Delta Q_{\text{х}}$, квар						
2004								

Таблица 2 – Параметры ТДЦ-400000/500

Тип	$S_{\text{НОМ}}$, МВ·А	Каталожные данные					
		$U_{\text{НОМ}}$, кВ		$U_{\text{к}}$, %	$\Delta P_{\text{к}}$, кВт	$\Delta P_{\text{х}}$, кВт	$I_{\text{х}}$, %
ТДЦ-400000/500	400	ВН	НН				
		525	20	13	800	350	0,4
		Расчётные данные					
		$R_{\text{т}}$, Ом		$X_{\text{т}}$, Ом		$\Delta Q_{\text{х}}$, квар	
		1,4		89,5		1600	

g_0, b_0 – удельные активная и реактивная проводимость соответственно, См/км;

$\underline{k}_z, \underline{k}_y$ – поправочные коэффициенты, зависящие от удельных параметров линии.

Удельную активную проводимость можно определить по удельным потерям на корону:

$$g_0 = \frac{\Delta P_{\text{кУ}}}{U_{\text{НОМ}}^2}, \quad (3)$$

Поправочные коэффициенты можно определить:

$$\underline{k}_z = \frac{\text{sh}(\underline{\gamma}L)}{\underline{\gamma}L}, \quad (4)$$

$$\underline{k}_y = \frac{\text{th}(\underline{\gamma}L/2)}{\underline{\gamma}L/2}, \quad (5)$$

$$\underline{\gamma} = \sqrt{(r_0 + j \cdot x_0)(g_0 + j \cdot b_0)}, \quad (6)$$

где γ – коэффициент распространения электромагнитной волны на единицу длины, о.е.

Исходные данные по линиям занесены в таблицу 3.

Таблица 3 – Параметры участков

№	Сечение	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	$b_0 \cdot 10^{-6}$, См/км	$\Delta P_{\text{кУ}}$, кВт/км	L , км
1	3×500/64	0,02	0,302	3,46	9	360
2	3×500/64	0,02	0,302	3,46	9	370

По формулам (1) – (6) производится расчет параметров, Результаты расчета сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Уточнённые параметры для линейных участков

Показатель	Линейные участки	
	1	2
g_0 , мкСм/км	$36 \cdot 10^{-9}$	$36 \cdot 10^{-9}$
γ , о.е.	$3,989 \cdot 10^{-5} + j \cdot 1,049 \cdot 10^{-3}$	$3,989 \cdot 10^{-5} + j \cdot 1,049 \cdot 10^{-3}$
\underline{k}_{z1} , о.е.	$0,9776 + j \cdot 0,0017$	$0,9763 + j \cdot 0,0018$
\underline{k}_{y1} , о.е.	$1,011 - j \cdot 8,887 \cdot 10^{-4}$	$1,012 - j \cdot 9,402 \cdot 10^{-4}$
R , Ом	3,427	7,024
X , Ом	53,148	109,11
G , мкСм	38,43	14,68
B , мкСм	2520	1296

Для начала обучения необходимо собрать данные, для этого был произведен расчет режима с разными нагрузками на средней и низшей стороне 90 раз, первые три снимаемых значения приведем в таблице 5.

Следующим этапом будет проверка взаимосвязи с параметров друг с другом, отличным вариантом будет построить матрицу корреляции [2] (рисунок 2). Значение корреляции колеблется от -1 до +1. Нулевой коэффициент корреляции означает, что две переменные не зависят друг от друга.

Таблица 5 – Данные режимов

Нагрузка_сн, МВт	Нагрузка_сн, Мвар	Нагрузка_нн, МВт	Нагрузка_нн, Мвар	Линия_1	Линия_2	dЛЭП, МВт	dP_пост, МВт	dP_Гр, МВт
450	100	75	32	2	1	55,2956	16,52	2,453
350	100	50	32	2	1	63,0155	16,509	2,454
355	100	50	32	2	1	62,68	16,509	2,453

Положительная корреляция указывает на то, что переменные движутся в одном направлении, а отрицательная корреляция указывает на противоположное.

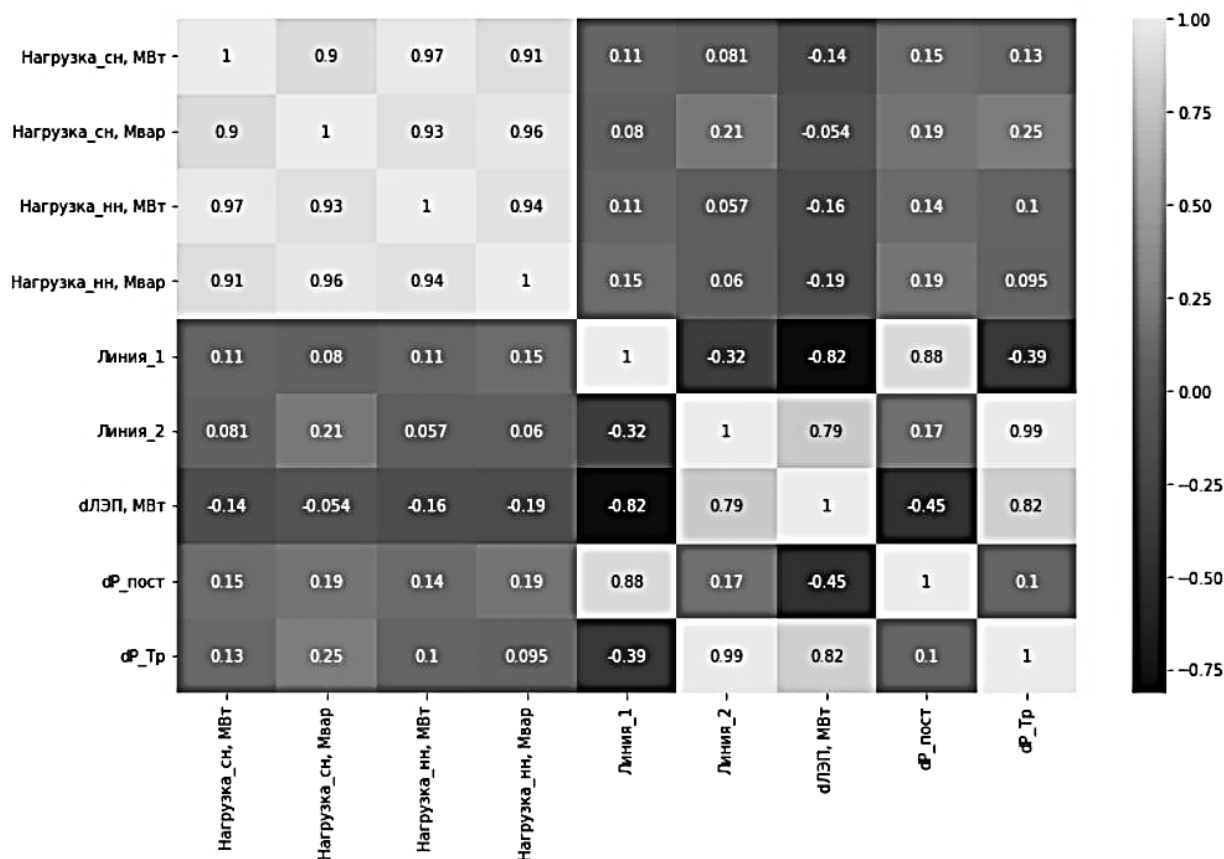


Рисунок 2 – Корреляционная матрица в виде тепловой карты

Перед обучением выделим пределы, в которых будем выдавать точный прогноз. Отобразим на рисунке 3 пределы, в которых модель будет выдавать прогнозы с большой погрешностью.

	Нагрузка_сн, МВт	Нагрузка_сн, Мвар	Нагрузка_нн, МВт	Нагрузка_нн, Мвар	Линия_1	Линия_2	дЛЭП, МВт	dP_пост	dP_Тр
count	90.000000	90.000000	90.000000	90.000000	90.000000	90.0	90.000000	90.000000	90.000000
mean	443.888889	131.611111	137.055556	55.866667	1.555556	1.0	68.037192	14.301084	2.520917
std	44.524818	18.705701	45.201760	17.542372	0.499688	0.0	18.760931	2.500331	0.056940
min	350.000000	100.000000	50.000000	32.000000	1.000000	1.0	45.095881	11.508157	2.447602
25%	415.000000	120.000000	95.000000	40.000000	1.000000	1.0	50.077564	11.524386	2.463761
50%	455.000000	130.000000	150.000000	50.000000	2.000000	1.0	59.632417	16.513989	2.504843
75%	480.000000	145.000000	175.000000	70.000000	2.000000	1.0	85.948031	16.527565	2.572719
max	520.000000	165.000000	210.000000	90.000000	2.000000	1.0	97.573368	16.534635	2.609826

Рисунок 3 – Пределы изменения параметров расчета

После обработки данных и установки всех зависимостей ставиться задача: выбора модели и метрики, по которой будет проводиться оценка модели. В качестве метрики используют MSE (среднеквадратическая ошибка) [3]. Модель будет подобрана путем перебора моделей по лучшему качеству, а лучшие параметры для модели будут определены с помощью встроенных функций. Отобразим результаты точности предсказания каждой модели в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели качества для каждой модели

Выборка	KNeighbors Regressor	Random Forest Regressor	DecisionTree Regressor	GradientBoosting Regressor
Тестовая	132,724	0.11	0,353	0.027
Обучающая	68,37	0,006	0,00000000045	0,00057

Как видно из таблицы 6, лучшей моделью является GradientBoostingRegressor, результаты прогноза представлены в таблице 7, где первая строка - это предсказание модели, а вторая строка - результаты расчета Rastr.

Таблица 7 – Показатели качества для каждой модели

Нагрузка_сн, МВт	Нагрузка_сн, Мвар	Нагрузка_нн, МВт	Нагрузка_нн, Мвар	Линия_1	Линия_2	dЛЭП, МВт	dP_пост, МВт	dP_Тр, МВт
350	120	60	33	2	1	62,31	16,51	2,452
350	120	60	33	2	1	62,352	16,51	2,455

Заключение

В данной работе продемонстрирована возможность применения моделей машинного обучения в энергетике: для прогнозирования потерь в линиях электропередач. В ходе работы были обучены модели, на режимных параметрах исходной схемы, лучшей моделью оказалась моделью GradientBoostingRegressor, которая на каждой итерации оптимизировала MSE. Отличие между расчетными и предсказанными данными можно оправдать малой выборкой в 90 значений, для хорошего обучения выборка должна содержать минимум 1000 значений с различными вариациями режима и режимных параметров.

Литература

1. Поспелов, Г.Е. Электрические системы и сети: Учебник/ Г.Е. Поспелов, В.Т. Федин, П.В. Лычёв. - Минск: УП «Технопринт», 2004. - 720 с.
2. Тепловая карта корреляции в Seaborn // [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.delftstack.com/ru/howto/seaborn/correlation-heatmap-seaborn-python>. Дата доступа: 06.11.2022.
3. Sklearn Python// [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://scikit-learn.org/stable>. Дата доступа: 06.11.2022.

УДК 621.315

**УПРАВЛЯЕМЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
FLEXIBLE AC TRANSMISSION SYSTEMS (FACTS)**

Д.Д. Тарасевич, Д.О. Лосенков

Научный руководитель – А.Л. Старжинский, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D. Tarasevich, D. Losenkov

Supervisor – A. Starzhinsky, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в работе рассматривается проблема транспорта электроэнергии и технология управляемых систем передачи переменного тока (FACTS).

Abstract: the paper considers the problem of electric power transport and the technology of flexible AC transmission systems (FACTS).

Ключевые слова: пропускная способность электропередач, компенсаторы, FACTS, СТАТКОМ.

Keywords: transmission capacity, compensators, FACTS, STATCOM.

Введение

С появлением и развитием крупных потребителей нагрузки, увеличение потреблением электроэнергии уже существующими потребителями на передний план становятся проблемы, связанные с транспортом электроэнергии. К таким проблемам можно отнести [1]:

- низкую пропускную способность линий электропередачи (ЛЭП) разных классов напряжения;
- низкую управляемость сети, что приводит к реализации недостаточного объема устройств регулирования напряжения и может приводить к увеличению напряжения в периоды суточного и сезонного снижения нагрузки потребителей до критических (очень высоких) значений;
- недостаточную уровень стабильности некоторых энергосистем;
- неоптимальное распределение потоков мощности по параллельным линиям разных классов напряжений. Это приводит к недогрузке сетей и увеличению их потерь.

Таким образом, можно выделить следующие задачи, выполнение которых поможет решить вышеописанные проблемы:

- мероприятия по увеличению пропускной способности ЛЭП, вплоть до максимальной величины по условиям нагрева;
- увеличение запаса устойчивости электроэнергетической системы при различных возмущениях;
- контроль требуемого потокораспределения мощности по требованию диспетчера;

Основная часть

Данные методы и мероприятия не всегда могут быть эффективны и оптимальны. К ним можно отнести применение традиционных устройств

продольной и поперечной компенсации (синхронные и статические тиристорные компенсаторы). Данные методы имеют и ряд недостатков, которые связаны с ограниченной возможностью перераспределения потоков мощности, а так же невозможностью быстрого снижения передаваемой мощности при авариях. Это связано с тем, что с помощью данных методом регулируется только величина напряжения, т.е. скалярное управление.

Поэтому в настоящее время активно развивается комплексное и оптимальное решение этих проблем, которое реализуется применением технологии, основанной на управляемых системах передачи переменного тока (FACTS).

FACTS – это электропередачи переменного тока, оснащаемые устройствами новейшей силовой электроники, что позволяет увеличить пропускную способность ЛЭП.

Одним из устройств, активно реализующих технологию FACTS, является компенсатор типа СТАТКОМ, в основу которых заложены управляемые преобразователи напряжения. При использовании данных компенсаторов появляется возможность сформировать такие значения напряжения и тока, которые будут потребляться на входе устройства. Эта возможность достигается благодаря использованию технологии векторного управления.

В работе компенсаторов СТАТКОМ используется трехуровневая схемы преобразования напряжения, благодаря чему появляется возможность получить 2-х ступенчатую основу синусоиды. На рисунке 1 представлена 2-х уровневая схема данного конденсатора, которая основана на шестифазной мостовой схемы Ларионова с широтно-импульсным управлением [1].

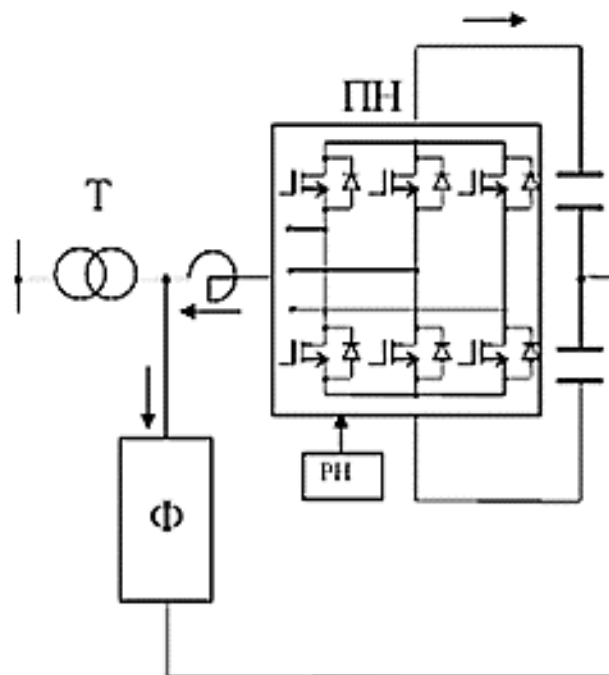


Рисунок 1 – 2-х уровневая схема конденсатора СТАТКОМ

К преимуществу такого устройства технологии FACTS можно отнести быстрое выполнение поставленных задач, по сравнению с традиционными

устройствами. Таким образом, скорость перехода от выдачи реактивной мощности к потреблению достигает полупериода основной частоты.

Заключение

Технология управляемых систем передачи переменного тока (FACTS) позволяет достаточно успешно решать проблему с увеличением пропускной способности линии и обладает большими преимуществами по сравнению с традиционными средствами.

Литература

1. Управляемые (гибкие) системы передачи переменного тока [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://fsk-ees.ru/common/img/uploaded/managed_systems.pdf/. – Дата доступа: 05.11.2022.
2. Анализ современных устройств FACTS, используемых для повышения активности функционирования электроэнергетических систем России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennyh-ustroystv-facts-ispolzuemyh-dlya-povysheniya-effektivnosti-funktsionirovaniya-elektroenergeticheskikh-sistem/viewer/>. – Дата доступа: 05.11.2022.

УДК 621.311

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОМИНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ 20 КВ ДЛЯ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РАЙОНОВ ГОРОДА
THE USE OF RATED VOLTAGE OF 20 KV FOR POWER SUPPLY OF
CITY DISTRICTS**

И.С. Хитров

Научный руководитель – М.А. Короткевич, д.т.н., профессор
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Khitrou

Supervisor – M. Korotkevich, Doctor of Technical Sciences, Professor
Belarusian National Technical University, Minsk

Аннотация: эффективность и целесообразность использования номинального напряжения 20 кВ определена на основании технико-экономических показателей. Построены экономические области для выбора номинального напряжения. Произведено сравнение распределительных электрических сетей номинальным напряжением 6, 10 и 20 кВ.

Abstract: the efficiency and expediency of using the rated voltage of 20 kV is determined on the basis of technical and economic indicators. Economic areas are built for the choice of rated voltage. A comparison was made of distribution electrical networks with a rated voltage of 6, 10 and 20 kV.

Ключевые слова: технико-экономические показатели, распределительная электрическая сеть, номинальное напряжение, эффективность.

Keywords: technical and economic indicators, electrical distribution network, nominal voltage, efficiency.

Введение

Под системой электроснабжения города понимается совокупность электрических сетей и трансформаторных подстанций, расположенных на территории города и предназначенных для электроснабжения его потребителей [1].

Рост электропотребления областных городов поднимает вопрос об повышении номинального напряжении городских электрических сетей для повышения качества потребляемой электроэнергии, а также уменьшения транспортных потерь. Так, например, на сегодняшний день диаметр некоторых районов Минска достигает 5-8 километров.

В некоторых крупных городах Европы (Париж, Москва) широко используется номинальное напряжение 20 кВ в распределительных электрических сетях. Это может говорить об эффективности применения данного класса напряжения.

Основная часть

Напряжение 6 кВ применяется в основном в городских и промышленных сетях. Использование его в промышленных сетях обусловлено наличием на предприятии электроприемников или электростанций с генераторным напряжением 6 кВ. Применение напряжения 6 кВ в городских сетях сложилось

исторически в связи с тем, что распределительные линии подключались к шинам соответствующего генераторного напряжения городских электростанций. В настоящее время существующие городские сети напряжением 6 кВ при реконструкции переводят на 10 кВ, а новые проектируются исключительно на 10 кВ. Номинальное напряжение 10 кВ широко применяется в городских, сельских и промышленных сетях (для внутривозовского распределения энергии).[1]

Напряжение 20 кВ находит применение в промышленных сетях – для электроснабжения отдельных удаленных объектов, а также для электроснабжения отдельных районов больших городов. В Республике Беларусь напряжение 20 кВ не применяется.

Для сравнения распределительных сетей разного номинального напряжения необходимо произвести расчет приведенных затрат. Рассматриваемые сети будут иметь одинаковую конфигурацию и протяженность.

Приведенные затраты определяются по формуле [2]:

$$Z = E_k \cdot K + И \quad , \quad (1)$$

где E_k – коэффициент эффективности капитальных вложений, зависит от срока службы объекта, продолжительности его строительства и норматива дисконтирования;

K – стоимость сооружения линии электропередачи;

$И$ – ежегодные издержки.

Стоимость сооружения линии электропередачи определяется следующим образом:

$$K = k_0 \cdot L, \quad (2)$$

где k_0 – стоимость прокладки одного километра кабеля;

L – длина кабельной линии.

Ежегодные издержки можно определить так:

$$И = P \cdot K + \Delta W \cdot \beta, \quad (3)$$

где P – ежегодные издержки на амортизацию и обслуживание сети;

ΔW – потери электроэнергии в линии;

β – стоимость нагрузочных потерь электроэнергии.

$$\Delta W = 3 \cdot I^2 \cdot r_0 \cdot L \cdot \tau, \quad (4)$$

где I – длительно допустимый ток протекающий по жиле кабеля для передачи мощности;

r_0 – удельное активное сопротивление;

τ – время наибольших потерь.

Взяв все необходимые данные для расчета из справочных материалов [3] и приняв длину линий электропередачи 2 км был произведен расчет приведенных затрат.

Для линии напряжением 6 кВ приведенные затраты составили 39511,6 руб., для линий напряжением 10 и 20 кВ – 24779,83 руб. и 24561,52 руб. соответственно.

При проектировании новых сетей электроснабжения принято руководствоваться экономическими зонами выбора номинального напряжения. Эти экономические зоны представляют собой зависимости передаваемой мощности от протяженности линии для различных напряжений при условии что затраты на сооружения линии экономически равноценны.

Для построения зон экономического использования напряжений 6 и 10 кВ необходимо воспользоваться расчетом приведенных затрат на сооружение кабельных линий электропередачи. Приведенные затраты на транспорт энергии по сети напряжением 6 кВ $Z_{(6)}$ и 10 кВ $Z_{(10)}$ определим так:

$$Z_{(6)} = p_{\text{Л}} \cdot k_{0(6)} \cdot l + p_{\text{П}} \cdot K_{\text{П}(6)} + \frac{P^2}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot r_0 \cdot l \cdot \tau \cdot \beta, \quad (5)$$

$$Z_{(10)} = p_{\text{Л}} \cdot k_{0(10)} \cdot l + p_{\text{П}} \cdot K_{\text{П}(10)} + \frac{P^2}{U_1^2 \cdot \cos^2 \varphi} \cdot r_0 \cdot l \cdot \tau \cdot \beta, \quad (6)$$

где $p_{\text{Л}}$, $p_{\text{П}}$ – доля отчислений соответственно по линии и конечным подстанционным устройствам, т.е. сумма нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений, отчислений на амортизацию, текущий ремонт и обслуживание;

$k_{0(6)}$, $k_{0(10)}$ – стоимость 1 км линий напряжением 6 и 10 кВ, руб.;

$K_{\text{П}(6)}$, $K_{\text{П}(10)}$ – стоимость подстанционных ячеек напряжением 6 и 10 кВ, руб.;

U , U_1 – номинальное напряжение соответственно 6 и 10 кВ;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности;

r_0 – активное сопротивление 1 км линии, Ом/км;

l – длина линии, км;

τ – время потерь, ч;

β – стоимость одного киловатт-часа потерянной электроэнергии, руб/кВт

ч.

Если $Z_{(6)} = Z_{(10)}$, то использование напряжений 6 и 10 кВ равноценно.

Приравняем правые части уравнений (5) и (6) и решим полученное равенство относительно P . В результате получим:

$$P = \sqrt{\frac{p_{\text{Л}} \cdot (k_{0(10)} - k_{0(6)}) + \frac{p_{\text{П}}}{l} \cdot (K_{\text{П}(10)} - K_{\text{П}(6)})}{r_0 \cdot \tau \cdot \beta \cdot \left(\frac{1}{U^2} - \frac{1}{U_1^2}\right)}} \cdot \cos \varphi. \quad (7)$$

Аналогичным образом получается зависимость передаваемой мощности от протяженности линии напряжением 10 и 20 кВ.

Используя полученные выражения и руководствуясь справочниками по проектированию, а также каталогами с ценами кабельной продукции построим зависимости передаваемой мощности от протяженности линии напряжением 6, 10 и 20 кВ. Они представлены на рисунке 1.

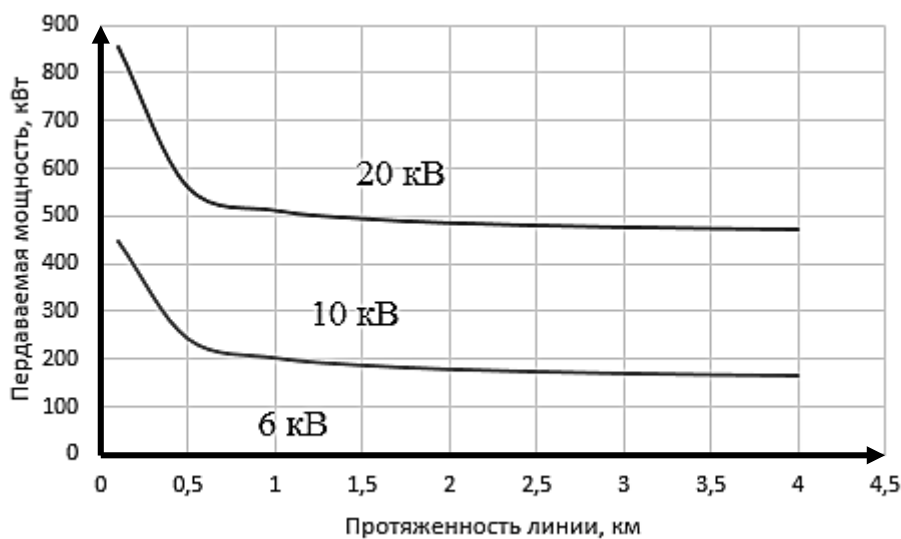


Рисунок 1 – Экономические области для выбора номинального напряжения электропередачи 6, 10 и 20 кВ

Заключение

Таким образом, исходя из вышеизложенных результатов расчета видно, что по критерию приведенных затрат наиболее целесообразно применять номинальное напряжение 20 кВ для распределительных электрических сетей. Однако судить только по этому критерию не совсем объективно и однобоко. Важными преимуществами распределительной сети номинальным напряжением 20 кВ являются увеличение пропускной способности, снижение потерь активной мощности и увеличение дальности передачи электроэнергии. Также построены экономические области для выбора номинального напряжения электропередачи 6, 10 и 20 кВ.

Литература

1. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник для вузов / М. А. Короткевич. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – 349 с.
2. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Ростов-н/Д. : Феникс ; Красноярск : Издательские проекты, 2006. – 720 с.
3. Файбисович, Д. Л. Справочник по проектированию электрических сетей / Д. Л. Файбисович. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с.

УДК 621.311

**ФОРМЫ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В
РАСЧЕТАХ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ
THE SHAPES OF THE FOUR-POLE AND THEIR APPLICATION TO
REPRESENT THE ELEMENTS OF ELECTRICAL NETWORKS IN THE
CALCULATIONS OF STEADY-STATE MODES**

А.И. Васильева

Научный руководитель – А.А. Волков, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Vasileva

Supervisor – A. Volkau, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** проведен расчет методом обобщенных постоянных и найдены значения обобщенных постоянных, а также представлены формы четырехполюсника.*

***Abstract:** the calculation is carried out by the method of generalized constants and the values of generalized constants are found, and the shapes of the four-pole are presented.*

***Ключевые слова:** четырехполюсник, формы четырехполюсника, метод обобщенных постоянных, схема замещения, обобщенные постоянные.*

***Keywords:** four-pole, four-pole forms, generalized constant method, substitution scheme, generalized constants.*

Введение

Четырехполюсником называют часть электрической цепи, имеющей две пары зажимов, которые могут быть входными или выходными. К входным зажимам присоединяют источник питания, а к выходным зажимам – приемники энергии. В качестве примеров четырехполюсников можно привести трансформатор, линию электропередач. [1]

Ключевая идея теории четырехполюсников – нахождение токов и напряжений на входе и выходе четырехполюсника, используя обобщенные параметры.

Основная часть

Существует несколько методов электрического расчета электропередач. Один из них – метод обобщенных постоянных, где элемент электропередачи рассматривается как четырехполюсник. В зависимости от входных и выходных параметров существует шесть форм четырехполюсника (таблица 1) [2].

Представим линию электропередачи как четырехполюсник А-формы. Используем уравнение:

$$\underline{U}_{1\phi} = \underline{A} \cdot \underline{U}_{2\phi} + \underline{B} \cdot \underline{I}_2 \quad (1)$$

$$\underline{I}_1 = \underline{C} \cdot \underline{U}_{2\phi} + \underline{D} \cdot \underline{I}_2 \quad (2)$$

Таблица 1 –Формы четырехполюсника

Форма	Уравнение	Связь с коэффициентами основного уравнения
А-форма	$\begin{cases} \underline{U}_1 = \underline{A}_{11} \cdot \underline{U}_2 + \underline{A}_{12} \cdot \underline{I}_2 \\ \underline{I}_1 = \underline{A}_{21} \cdot \underline{U}_2 + \underline{A}_{22} \cdot \underline{I}_2 \end{cases}$	$\begin{aligned} \underline{A}_{11} &= \underline{A}; \underline{A}_{21} = \underline{C}; \\ \underline{A}_{12} &= \underline{B}; \underline{A}_{22} = \underline{D}. \end{aligned}$
В-форма	$\begin{cases} \underline{U}_2 = \underline{B}_{11} \cdot \underline{U}_1 + \underline{B}_{12} \cdot \underline{I}_1 \\ \underline{I}_2 = \underline{B}_{21} \cdot \underline{U}_1 + \underline{B}_{22} \cdot \underline{I}_1 \end{cases}$	$\begin{aligned} \underline{B}_{11} &= \underline{D}; \underline{B}_{21} = \underline{C}; \\ \underline{B}_{12} &= \underline{B}; \underline{B}_{22} = \underline{A}. \end{aligned}$
Z-форма	$\begin{cases} \underline{U}_1 = \underline{Z}_{11} \cdot \underline{I}_1 + \underline{Z}_{12} \cdot \underline{I}_2 \\ \underline{U}_2 = \underline{Z}_{21} \cdot \underline{I}_1 + \underline{Z}_{22} \cdot \underline{I}_2 \end{cases}$	$\begin{aligned} \underline{Z}_{11} &= \frac{\underline{A}}{\underline{C}}; \underline{Z}_{21} = \underline{Z}_{12}; \\ \underline{Z}_{12} &= \frac{1}{\underline{C}}; \underline{Z}_{22} = \frac{\underline{D}}{\underline{C}}. \end{aligned}$
Y-форма	$\begin{cases} \underline{I}_1 = \underline{Y}_{11} \cdot \underline{U}_1 + \underline{Y}_{12} \cdot \underline{U}_2 \\ \underline{I}_2 = \underline{Y}_{21} \cdot \underline{U}_1 + \underline{Y}_{22} \cdot \underline{U}_2 \end{cases}$	$\begin{aligned} \underline{Y}_{11} &= \frac{\underline{D}}{\underline{B}}; \underline{Y}_{21} = \underline{Y}_{12}; \\ \underline{Y}_{12} &= -\frac{1}{\underline{B}}; \underline{Y}_{22} = \frac{\underline{A}}{\underline{B}}. \end{aligned}$
H-форма	$\begin{cases} \underline{U}_1 = \underline{H}_{11} \cdot \underline{I}_1 + \underline{H}_{12} \cdot \underline{U}_2 \\ \underline{I}_2 = \underline{H}_{21} \cdot \underline{I}_1 + \underline{H}_{22} \cdot \underline{U}_2 \end{cases}$	$\begin{aligned} \underline{H}_{11} &= \frac{\underline{B}}{\underline{D}}; \underline{H}_{21} = -\underline{H}_{12}; \\ \underline{H}_{12} &= \frac{1}{\underline{D}}; \underline{H}_{22} = \frac{\underline{C}}{\underline{D}}. \end{aligned}$
G-форма	$\begin{cases} \underline{I}_1 = \underline{G}_{11} \cdot \underline{U}_1 + \underline{G}_{12} \cdot \underline{I}_2 \\ \underline{U}_2 = \underline{G}_{21} \cdot \underline{U}_1 + \underline{G}_{22} \cdot \underline{I}_2 \end{cases}$	$\begin{aligned} \underline{G}_{11} &= \frac{\underline{C}}{\underline{A}}; \underline{G}_{21} = -\underline{G}_{12}; \\ \underline{G}_{12} &= -\frac{1}{\underline{A}}; \underline{G}_{22} = \frac{\underline{B}}{\underline{A}}. \end{aligned}$

где $\underline{A}, \underline{B}, \underline{C}, \underline{D}$ – обобщенные постоянные четырехполюсника, которые определяются:

$$\underline{A} = ch\underline{\gamma}l \tag{3}$$

$$\underline{B} = \underline{Z}_B \cdot sh\underline{\gamma}l \tag{4}$$

$$\underline{C} = \frac{sh\underline{\gamma}l}{\underline{Z}_B} \tag{5}$$

$$\underline{D} = ch\underline{\gamma}l \tag{6}$$

где \underline{Z}_B – волновое сопротивление линии;

$\underline{\gamma}$ – коэффициент распространения волны, который определяется как:

$$\underline{\gamma} = \sqrt{\underline{z}_0 \cdot \underline{y}_0} = \beta + j\alpha, \tag{7}$$

где $\underline{z}_0 = r_0 + jx_0$; $\underline{y}_0 = g_0 + jb_0$ – удельные сопротивления и проводимости.

Вследствие симметрии линии относительно своих концов $\underline{A} = \underline{D}$. Уравнение связи между коэффициентами четырехполюсника [3]: $\underline{A} \cdot \underline{D} - \underline{B} \cdot \underline{C} = 1$.

Постоянные $\underline{A}, \underline{D}$ — отвлеченные числа (не имеют наименования). \underline{C} равно проводимости холостого хода в начале схемы, умноженной на коэффициент \underline{A} , т. е. \underline{C} имеет размерность проводимости. \underline{B} равно полному сопротивлению короткого замыкания в конце схемы, умноженному на коэффициент \underline{D} , т. е. \underline{B} имеет размерность сопротивления.

Всякий четырехполюсник может быть представлен П- или Т-образной схемой замещения с сосредоточенными постоянными (рисунки 1 и 2) [3].

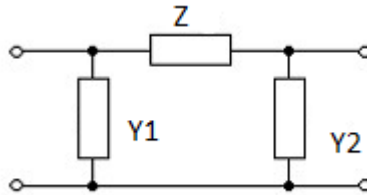


Рисунок 1 – П-образная схема замещения

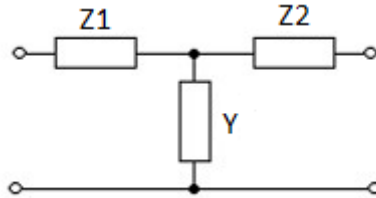


Рисунок 2 – Т-образная схема замещения

Значения параметров П-образной схемы замещения можно выразить через параметры четырехполюсника А-формы:

$$\underline{A} = \frac{U_{1\phi x}}{U_{2\phi x}} = 1 + \underline{Z} \cdot \underline{Y}_2 \quad (8)$$

$$\underline{C} = \frac{I_{1x}}{U_{2\phi x}} = \underline{Y}_1 + \underline{Y}_2 + \underline{Z} \cdot \underline{Y}_1 \cdot \underline{Y}_2 \quad (9)$$

$$\underline{B} = \frac{U_{1K3}}{I_{2K3}} = \underline{Z} \quad (10)$$

$$\underline{D} = \frac{I_{1K3}}{I_{2K3}} = 1 + \underline{Z} \cdot \underline{Y}_1 \quad (11)$$

Можно решить и обратную задачу: при известных $\underline{A}, \underline{B}, \underline{C}, \underline{D}$ определить $\underline{Y}_1, \underline{Y}_2, \underline{Z}$:

$$\underline{Z} = \underline{B} \quad (12)$$

$$\underline{A} = 1 + \underline{Z} \cdot \underline{Y}_2 = 1 + \underline{B} \cdot \underline{Y}_2 \quad (13)$$

$$\underline{D} = 1 + \underline{Z} \cdot \underline{Y}_1 = 1 + \underline{B} \cdot \underline{Y}_1 \quad (14)$$

Отсюда:

$$\underline{Z} = \underline{B} \quad (15)$$

$$\underline{Y}_1 = \frac{\underline{D}-1}{\underline{B}} \quad (15)$$

$$\underline{Y}_2 = \frac{\underline{A}-1}{\underline{B}} \quad (17)$$

Для воздушных линий длиной до 300 км постоянные $\underline{Y}_1, \underline{Y}_2, \underline{Z}$ можно подсчитать без учета равномерности распределения постоянных линии, т. е. по формулам:

$$\underline{Z} = \underline{Z}_0 \cdot l \quad (18)$$

$$\underline{Y}_1 = \underline{Y}_2 = \frac{\underline{Y}}{2} = \underline{Y}_0 \frac{l}{2} \quad (19)$$

В отличие от схемы замещения ЛЭП П-образная схема замещения трансформатора является несимметричной. Сопротивление и проводимости представляются [4]:

$$\underline{Z} = \frac{R_T + jX_T}{n} \quad (20)$$

$$\underline{Y}_1 = (G_\mu - jB_\mu) + \frac{1-n}{R_T + jX_T} \quad (21)$$

$$\underline{Y}_2 = \frac{n(n-1)}{R_T + jX_T} \quad (22)$$

Коэффициенты уравнений четырехполосника выражаются как:

$$\underline{A} = 1 + \underline{Z}\underline{Y}_2 \quad (23)$$

$$\underline{B} = \underline{Z} \quad (24)$$

$$\underline{C} = \underline{Y}_1 + \underline{Y}_1 \underline{Z}\underline{Y}_2 + \underline{Y}_2 \quad (25)$$

$$\underline{D} = 1 + \underline{Z}\underline{Y}_1 \quad (26)$$

И тогда для трансформатора коэффициенты вычисляются:

$$\underline{A} = n \quad (27)$$

$$\underline{B} = \frac{R_T + jX_T}{n} \quad (28)$$

$$\underline{C} = n(G_\mu - jB_\mu) \quad (29)$$

$$\underline{D} = \frac{1}{n} \left[1 + (R_T + jX_T)(G_\mu - jB_\mu) \right] \quad (30)$$

Здесь учитываются все параметры схемы замещения трансформатора. Коэффициенты четырехполосника для модели, не учитывающей потери холостого хода и мощность намагничивания, равны [4]:

$$\underline{A} = n \tag{31}$$

$$\underline{B} = \frac{R_T + jX_T}{n} \tag{32}$$

$$\underline{C} = 0 \tag{33}$$

$$\underline{D} = \frac{1}{n} \tag{34}$$

При расчете установившегося режима электрических сетей, выполняют эквивалентирование некоторых частей схемы. Последовательно-параллельные преобразования элементов схемы замещения выполняют на основе уравнений четырехполюсников для ЛЭП, трансформаторов и других элементов схемы сети. При каскадном соединении используется А-форма уравнений, а при параллельном – Y-форма (рисунок 3).

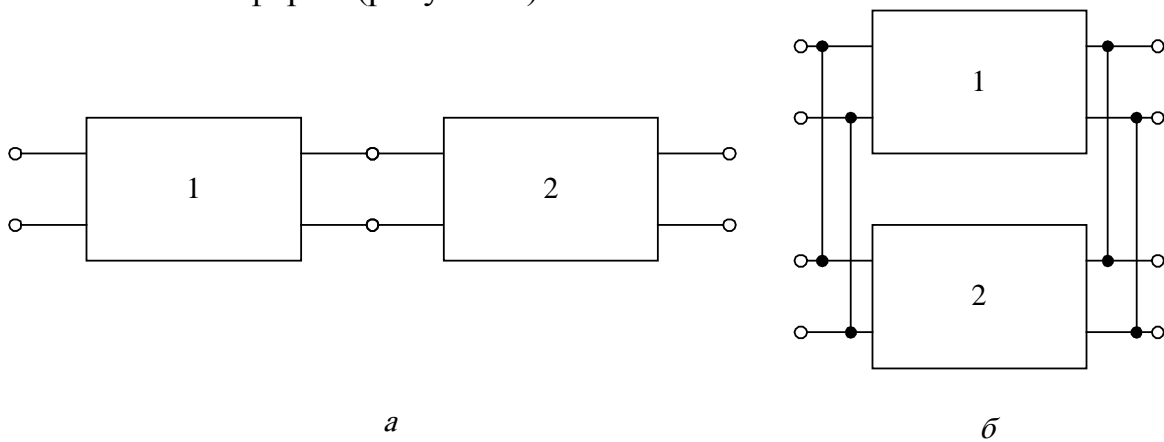


Рисунок 3 –Каскадное, (а) и параллельное, (б) соединения четырехполюсников

$$\begin{pmatrix} \underline{U}_1 \\ \underline{I}_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \underline{A} & \underline{B} \\ \underline{C} & \underline{D} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \underline{U}_2 \\ \underline{I}_2 \end{pmatrix} = \mathbf{A} \begin{pmatrix} \underline{U}_2 \\ \underline{I}_2 \end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix} \underline{I}_1 \\ \underline{I}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \underline{Y}_{1,1} & \underline{Y}_{1,2} \\ \underline{Y}_{2,1} & \underline{Y}_{2,2} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \underline{U}_1 \\ \underline{U}_2 \end{pmatrix} = \mathbf{Y} \begin{pmatrix} \underline{U}_1 \\ \underline{U}_2 \end{pmatrix}.$$

Так, при последовательном соединении двух элементов (рисунок 4):

$$\begin{cases} \underline{U}_1 = (\underline{A}_1 \cdot \underline{A}_2 + \underline{B}_1 \cdot \underline{C}_2) \cdot \underline{U}_2 + (\underline{A}_1 \cdot \underline{B}_2 + \underline{B}_1 \cdot \underline{D}_2) \cdot \underline{I}_2; \\ \underline{I}_1 = (\underline{C}_1 \cdot \underline{A}_2 + \underline{D}_1 \cdot \underline{C}_2) \cdot \underline{U}_2 + (\underline{C}_1 \cdot \underline{B}_2 + \underline{D}_1 \cdot \underline{D}_2) \cdot \underline{I}_2. \end{cases}$$

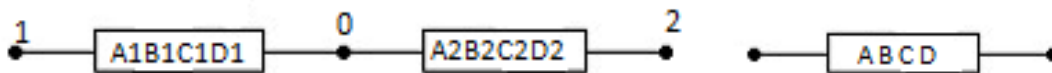


Рисунок 4 – Объединение четырехполюсников

Для объединенной схемы замещения получаем:

$$\begin{aligned} \underline{A} &= \underline{A}_1 \cdot \underline{A}_2 + \underline{B}_1 \cdot \underline{C}_2; & \underline{C} &= \underline{C}_1 \cdot \underline{A}_2 + \underline{D}_1 \cdot \underline{C}_2; \\ \underline{B} &= \underline{A}_1 \cdot \underline{B}_2 + \underline{B}_1 \cdot \underline{D}_2; & \underline{D} &= \underline{C}_1 \cdot \underline{B}_2 + \underline{D}_1 \cdot \underline{D}_2. \end{aligned}$$

Приведем пример расчета методом обобщенных постоянных.

Условие: от шин подстанции питается электрическая сеть номинальным напряжением 110 кВ, используется провод марки АС-240/32, длина линии составляет 47 км, тип трансформатора ТМН-2500/110, напряжение в узле 2 электропередачи составляет 10 кВ, а нагрузка в этом же узле равна $S_2 = 2 + j1 \text{ МВ} \cdot \text{А}$. Необходимо найти напряжение и мощность S_1 в узле 1.

Рассмотрим отдельно трансформатор и линию, каждый элемент будем представлять П-образной схемой замещения (рисунок 5).

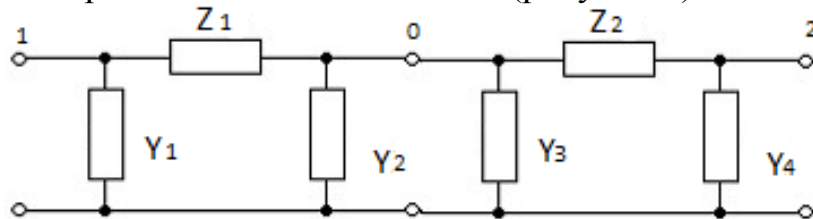


Рисунок 5 – Схема замещения электрической сети

Сопротивления и проводимости будут равны:

$$Z_2 = \frac{R_2 + jX_2}{n} = \frac{42,6 + j508,2}{10} = 4,26 + j50,82 \text{ Ом};$$

$$Z_1 = R_1 + jX_1 = 5,687 + j19,035 \text{ Ом};$$

$$Y_3 = (G_2 - jB_2) + \frac{1-n}{R_2 + jX_2} = (4,545 \cdot 10^{-7} - j3,1 \cdot 10^{-6}) + \frac{1-10}{42,6 + j508,2} =$$

$$= -1,474 \cdot 10^{-3} + j0,018 \text{ См};$$

$$Y_4 = \frac{n(n-1)}{R_2 + jX_2} = \frac{10 \cdot (1-10)}{42,6 + j508,2} = 0,015 - j0,176 \text{ См};$$

$$Y_1 = Y_2 = \frac{B_1}{2} = \frac{1,3207 \cdot 10^{-4}}{2} = 6,603 \cdot 10^{-5} \text{ См}.$$

Ток в конце электропередачи может быть найден как

$$\underline{I}_2 = \frac{S_2^*}{\sqrt{3} \cdot U_2^*} = 0,115 - j0,058 \text{ кА}.$$

Находим параметры схемы замещения элементов электропередачи, параметры четырехполюсника и, используя уравнения А-формы (таблица 1), находим напряжения и токи:

$$\underline{U}_0 = 105,934 + j9,738 \text{ кВ}; \quad \underline{U}_1 = 106,108 + j10,089 \text{ кВ};$$

$$\underline{I}_0 = 0,012 - j0,006 \text{ кА}. \quad \underline{I}_1 = 0,011 + j0,002 \text{ кА}.$$

Находим мощность

$$\underline{S}_1 = \sqrt{3} \cdot \underline{I}_1^* \cdot \underline{U}_1 = \sqrt{3} \cdot (0,011 - j0,002) \cdot (106,108 + j10,089) = 2,029 - j0,201 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Модули напряжений равны

$$U_0 = 106,38 \text{ кВ};$$

$$U_1 = 106,59 \text{ кВ}.$$

Проверим результаты ручного расчета с помощью программы Rastr (рисунок 6).

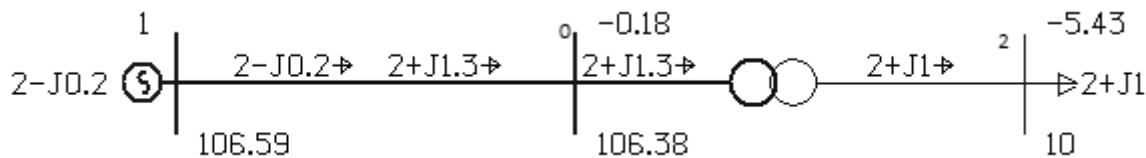


Рисунок 6 – Схема электрической сети с рассчитанными параметрами в RASTR

Заключение

В ходе работы рассмотрен метод обобщенных постоянных. Это один из способов расчета электропередачи, где применение четырехполюсника значительно упрощает задачу нахождения напряжений, токов.

Выполнен расчет контрольного примера, в результате которого определены напряжения, токи и потоки мощности в электрической сети, состоящей из последовательно соединенных линии электропередачи и понижающего трансформатора при задании мощности и напряжения в узле нагрузки.

Литература

1. Татур, Т. А. Основы теории электрических цепей / Т.А. Татур. – М.: Высш. школа, 1980. –271 с.
2. Пассивные четырехполюсники[Электронный ресурс] / www.toehelp.ru - Режим доступа : <https://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture14/lecture14.html>.- Дата доступа : 10.10.2022.
3. Поспелов, Г.Е. Электрические системы и сети: Учебник / Г.Е. Поспелов, В.Т. Федин, П.В. Лычев. – Минск: УП «Технопринт», 2004. –720 с.
4. Лыкин, А.В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов: учебно-методическое пособие / А.В. Лыкин. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. - 227 с.

УДК 621.311

**ПРОВЕРКА ГРАФОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА СВЯЗНОСТЬ
CHECKING ELECTRIC NETWORK GRAPHS FOR CONNECTIVITY**

И.Д. Винников

Научный руководитель – А.А. Волков, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I.Vinnikov

Supervisor – A. Volkau, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: на основе литературных источников рассмотрены понятие графа, его проверка на связность, пример для моей схемы.

Abstract: on the basis of literary data the concept of a graph, its connectivity, an example for my scheme.

Ключевые слова: граф, проверка, теорема Менгера, ребро, вершина.

Keywords: graph, Mengers theorem, edge, vertex.

Введение

Теория графов является в настоящий момент одним из наиболее динамично развивающихся разделов дискретной математики. Связано это прежде всего с активным ее применением в разнообразных практических приложениях, начиная с информатики и теоретической физики и заканчивая социологией и экономик. Хорошо известно, что ни один предмет невозможно всерьез освоить, не решив определенное количество задач. К теории графов это относится как ни к какой другой науке. Задачи, встречающиеся в этом разделе математики, как правило, достаточно нетривиальны. Кроме того, в теории графов зачастую отсутствует какой-либо набор стандартных приемов, с помощью которых можно решить любую задачу, часто для решения той или иной задачи необходимо придумать свой, довольно нестандартный подход, отличный от методов, используемых при решении других задач [1].

Основная часть

Для того, чтобы говорить о графах, мы должны ввести само понятие графа:

Графом называется система объектов произвольной природы (вершин) и связок (ребер), соединяющих некоторые пары этих объектов.

Граф G (рисунок 1) состоит из конечного непустого множества V , содержащего p вершин, и заданного множества X , содержащего q неупорядоченных пар различных вершин из V . Каждую пару $x = \{u, v\}$ вершин в X называют ребром графа G , и говорят, что x соединяет u и v . Мы будем писать $x = uv$ и говорить, что u и v – смежные вершины; вершина u и ребро x инцидентны, так же как v и x . Если два различных ребра x и y инцидентны одной и той же вершине, то они называются смежными. Граф с p вершинами и q ребрами называется (p, q) -графом. $(1, 0)$ -граф называется тривиальным.

Обычно граф представляется диаграммой, и ее-то часто называют графом. Таким образом, у графа G на рисунке 1 вершины u и v смежные, а вершины u и w нет. Ребра x и y смежные, а x и z нет.

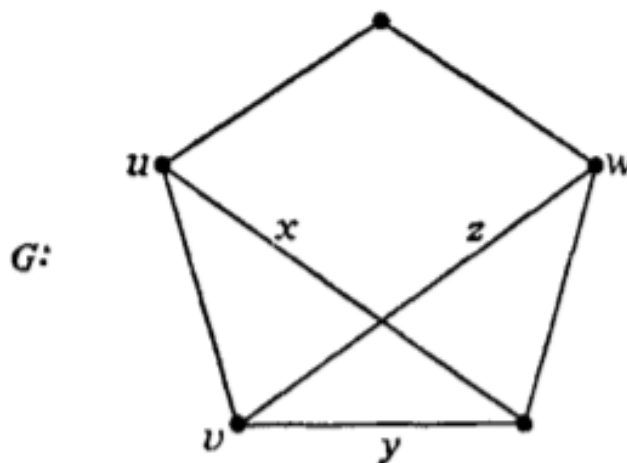


Рисунок 1 – Схема графа

Также, стоит отметить, что в графе не может быть петель, т.е. ребер, соединяющих вершины сами с собой.

Ориентированный граф, или орграф, D состоит из конечного непустого множества V вершин и заданного набора X упорядоченных пар различных вершин. Элементы из X называются ориентированными ребрами, или дугами. В орграфе нет петель. Направленный граф – это орграф, не имеющий симметричных пар ориентированных ребер.

Число ребер, инцидентных одной вершине называется локальной степенью или просто степенью графа [2].

Теперь поговорим о связности графов:

Связностью $\chi = \chi(G)$ графа G называется наименьшее число вершин, удаление которых приводит к несвязному или тривиальному графу. Отсюда следует, что связность несвязного графа равна 0, а связность связного графа, имеющего точку сочленения, равна 1. Полный Граф (K_p) нельзя сделать несвязным, сколько бы вершин из него ни удалять, а тривиальный граф получается из K_p после удаления $p-1$ вершин. Поэтому $\chi(K_p) = p-1$. Иногда χ называют вершинной связностью.

По такому принципу определяется реберная связность $\lambda = \lambda(G)$ графа G определяется как наименьшее количество ребер, удаление которых приводит к несвязному или тривиальному графу. Очевидно, что реберная связность несвязного графа равна 0, а реберная связность связного графа, имеющего мост (ребро, при удалении которого граф G становится несвязным), равна 1. Связность, реберная связность и наименьшая степень графа связаны неравенством, найденным Уитни [3].

Теорема 1. Для любого графа G

$$\chi(G) \leq \lambda(G) \leq \delta(G). \quad (1)$$

Задача определения наибольшей связности, возможной для графа с данным числом вершин и данным числом ребер, была поставлена Бержем и решена Харари.

Теорема 2. Среди всех графов с p вершинами, $\delta(G) \geq p/2$ и q ребрами наибольшая связность равна нулю если $q < p-1$, и равна $(2q/p)$, если $q \geq p-1$ [3].

Следствие 2. Наибольшая реберная связность (p, q) - графа равна его наибольшей связности.

В 1927 г. Менгер показал, что связность графа имеет отношение к числу непересекающихся простых цепей, соединяющих различные вершины графа. С тех пор появилось много вариантов и обобщений результата Менгера, носящих графический характер; рассмотрим некоторые из них.

Пусть u и v – две различные вершины связного графа G . Две простые цепи, соединяющие u и v , называются непересекающимися, если у них нет общих вершин, отличных от u и v и реберно-пересекающимися, если у них нет общих ребер. Множество S вершин, ребер или вершин и ребер разделяет u и v , если u и v принадлежат различным компонентам графа $G-S$. Теорема Менгера первоначально была сформулирована в “вершинной форме”.

Теорема 3. Наименьшее число вершин, разделяющих две несмежные вершины s и t , равно наибольшему числу непересекающихся простых $(s-t)$ -цепей [3].

Хронологически второй вариант теоремы Менгера был опубликован Уитни в его статье, содержащей критерий n -связности графа.

Теорема 4. Граф n -связен тогда и только тогда, когда любая пара его вершин соединена по крайней мере n вершинно-непересекающимися цепями [3].

Связь между теоремами 3 и 4 легко заметить, если ввести понятие локальной связности. Локальной связностью $\kappa(u, v)$ двух несмежных вершин u и v графа G называется наименьшее число вершин, удаление которых разделяет u и v . Используя введенное понятие, теорему Менгера можно сформулировать так: для любых двух выделенных несмежных вершин u и v справедливо равенство:

$$\kappa(u, v) = \mu_o(u, v), \quad (2)$$

где $\mu_o(u, v)$ – наибольшее число вершинно-непересекающихся цепей, соединяющих u и v . Для неполных графов выражение (2) будет записано в другой форме:

$$\kappa(u, v) = \min \kappa(u, v), \quad (3)$$

где $\min \kappa(u, v)$ – минимум, который берется по всем парам несмежных вершин u и v .

Теорема 5. Для любых двух вершин графа наибольшее число реберно-непересекающихся цепей, соединяющих их, равно наименьшему числу ребер, разделяющих эти две вершины. [1, стр. 67]

Различие между теоремами 3 и 4 заключается в том, что в теореме 3 рассматриваются две выделенные вершины, а в теореме 4 всевозможные пары несмежных вершин. Это различие, так же как и очевидное различие между теоремами 3 и 5, представлено в таблице 1.

Таблица 1 – различия между теоремами 3, 4, 5

Теорема	Разделяемые объекты	Наибольшее число	Наименьшее число
3	Выделенные u, v	Непересекающихся цепей	Вершин, разделяющих u, v
4	Произвольные u, v	Непересекающихся цепей	Вершин, разделяющих u, v
5	Выделенные u, v	Реберно-непересекающихся цепей	ребер, разделяющих u, v

Проведем проверку графа на связность для схемы, представленной на рисунке 2.

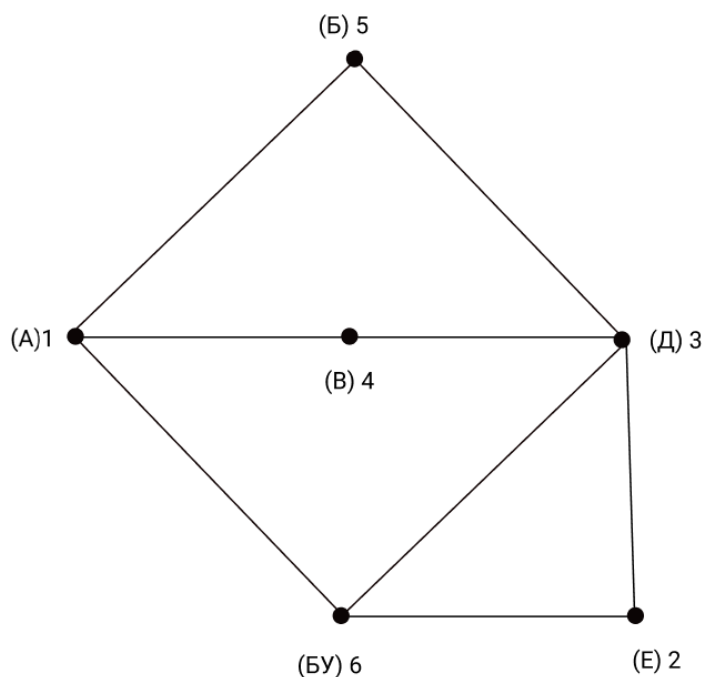


Рисунок 2 – Схема для проверки связности

Сначала проверим наш граф по теореме 1. Для этого найдем связность графа(x), реберную связность(λ) и наименьшую степень графа(δ). Для моей схемы: $x = 2$ (удалим вершины БУ, Д), $\lambda = 2$ (удалим ребра Е-БУ, Е-Д), $\delta = 2$ (от вершины Е отходит два ребра). Подставляя эти значения в выражение (1) получаем что теорема 1 выполняется для схемы.

Проверку теоремы 2 для нашего графа осуществить нельзя, т.к. не выполняется условие $\delta(G) \geq p/2$.

Далее сделаем проверку графа по теореме 3. Для примера возьмем две несмежные вершины: А и Д. Наибольшее число непересекающихся цепей (А, Д) равно 3 ($A \rightarrow B \rightarrow D$, $A \rightarrow V \rightarrow D$, $A \rightarrow BU \rightarrow D$), следовательно, наименьшее число вершин, разделяющих две несмежные вершины А и Д тоже равно 3.

Для 4 теоремы нужно найти $\min \kappa(u, v)$. Возьмем произвольные несмежные вершины $u=E, v=A$. Определим $\min \kappa(u, v)$: $u=E \rightarrow BU \rightarrow A, E \rightarrow D \rightarrow V \rightarrow A$. $F(u)=\{BU, D\}$, степень $d(u)=2$. Следуя теореме 4, можно сделать вывод, что граф,

представленный на рисунке 2, является 2-связным (вершинно), т.е. $\chi(u, v) = \min \chi(u, v) = 2$.

Теорема 5: из рисунка 2 видно, что вершины А и Д можно разделить, удалив 3 ребра, и что наибольшее число непересекающихся по ребрам (А, Д) путей будет 3. Из вершины А выходит 3 ребра E_1 (Б, В, БУ). В вершину Д заходят тоже 3 ребра E_2 (Б, В, БУ). Между вершинами А и Д существуют следующие реберно-независимые пути, включающие ребра множества E_1 , в качестве начальных и ребра множества E_2 в качестве конечных. 1 путь: А-Б→Б-Д; 2 путь: А-В→ВД; 3 путь: А-БУ→БУ-Д. В 3 пути ребро БУ-Д можно заменить ребрами БУ-Е→Е-Д. т.е. между множествами E_1 и E_2 существует более 3 реберно-независимых путей, поэтому наименьшее число ребер, определяющих число реберно-непересекающихся путей в данном случае определяется минимальной степенью вершин А и Д. В нашем случае обе равны 3, следовательно вершины А и Д можно разделить, удалив 3 ребер и наибольшее число непересекающихся по ребрам (А – Д) путей также равно 3, что подтверждает правильность теоремы 5.

Заключение

Проверка графа электрической сети на связность является одной из первоочередных задач при задании исходных данных для расчета и анализа ее режима. Данная процедура позволяет выявить ошибки при кодировке схемы, определить наличие узлов и ветвей, оказавшихся не связанными с основной схемой и балансирующим узлом.

Литература

1. Гурский, С.К. Алгоритмизация задач управления режимами сложных систем в электроэнергетике / С.К. Гурский. – Минск: наука и техника, 1977. – 367 с.
2. Основные понятия теории графов [Электронный ресурс]/ Основные понятия теории графов. - Режим доступа: http://www.math.mrsu.ru/text/courses/method/osn_pon_teor_graph.htm. Дата доступа: 17.10.2022.
3. Харари, Ф. Теория графов: пер. с англ. / Ф. Харари; пер. В.П. Козырев; под ред. Г.П. Гаврилов. – Москва: Мир, 1973. – 300 с.

УДК 621.311

**ПЕРЕСЧЕТ МАТРИЦЫ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПРИ КОММУТАЦИИ
RECALCULATION OF THE DISTRIBUTION COEFFICIENTS
DURING SWITCHING**

С.В. Зеньков

Научный руководитель – А.А. Волков, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

S. Zenkov

Supervisor – A. Volkau, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в ходе работы рассмотрена математическая модель электрической сети постоянного тока, рассмотрен метод пересчета матрицы коэффициентов распределения при коммутации ветви между двумя существующими узлами.*

***Abstract:** in the course of the work, a mathematical model of a direct current electric network was considered, a method for recalculating the matrix of distribution coefficients when switching a branch between two existing nodes was considered.*

***Ключевые слова:** матрица, коэффициенты распределения, коммутация.*

***Keywords:** matrix, distribution coefficients, commutation.*

Введение

Метод коэффициентов распределения по сравнению с другими методами расчёта режима электрической сети обладает рядом преимуществ при реализации на ЭВМ: при решении нелинейных уравнений установившихся режимов первая итерация дает близкое к фактическому значение, что ускоряет расчет; коэффициенты распределения имеют наглядный физический смысл, что помогает при изменении параметров режима; при неизменной конфигурации сети расчет быстрый и не занимает много памяти на ЭВМ. Однако данный метод обладает также и некоторыми недостатками, а именно сложность заполнения матрицы и нахождение новой матрицы C при изменении конфигурации сети [1]. Поэтому рассмотрим способ уточнения матрицы коэффициентов при коммутации (при добавлении ветви между существующими узлами).

Основная часть

Для начала необходимо найти ток, который будет протекать по присоединённой ветви. Для этого воспользуемся методом эквивалентного генератора. Напряжение холостого хода ветви найдем через напряжения узлов, между которыми происходит коммутация, относительно базисного узла [2]:

$$U_{xjk} = U_{\Delta j} - U_{\Delta k} = (C_{0j} - C_{0k}) \cdot Z_{\alpha} \cdot C_{\alpha} \cdot J, \quad (1)$$

где $U_{\Delta j}$, $U_{\Delta k}$ – напряжение в некоммутированной схеме в узлах коммутации относительно базисного узла;

C_{0j} , C_{0k} – столбцы матрицы коэффициентов распределения для дерева данной сети соответствующие узлам j и k ;

Za – диагональная матрица сопротивлений ветвей дерева,

Ca – подматрица исходной матрица коэффициентов распределения для ветвей дерева,

J – столбец задающих токов в узлах.

Ток в коммутируемой ветви определяем по выражению:

$$I_i = \frac{U_{xxjk}}{Z_{jkvx} \cdot Z_i} \quad (2)$$

где Z_{jkvx} – входное сопротивление некоммутированной схемы между узлами j и k , Z_i – сопротивление коммутированной ветви.

Для нахождения Z_{jkvx} используем принцип наложения (рассмотрим два пассивных элемента, которые получаются при удалении всех задающих токов и схемы, в первом ток вытекает из узла j и втекает в базисный, во втором – втекает в узел k и вытекает из базисного). В таком случае для первого элемента напряжение узла относительно базисного узла:

$$U\Delta j = -i_i \cdot C_{0j} \cdot Za \cdot Ca_j ; \quad (3)$$

$$U\Delta k = -i_i \cdot C_{0k} \cdot Za \cdot Ca_j, \quad (4)$$

где Ca_j – столбец матрицы Ca для узла j .

Напряжение между узлами:

$$U_{jk} = U\Delta j - U\Delta k = -i_i \cdot (C_{0j} - C_{0k}) \cdot Za \cdot Ca_j. \quad (5)$$

Для второго элемента:

$$U\Delta j = i_i \cdot C_{0j} \cdot Za \cdot Ca_k ; \quad (6)$$

$$U\Delta k = i_i \cdot C_{0k} \cdot Za \cdot Ca_k; \quad (7)$$

$$U_{jk} = U\Delta j - U\Delta k = i_i \cdot (C_{0j} - C_{0k}) \cdot Za \cdot Ca_k. \quad (8)$$

Произведем наложение:

$$U_{jk} = -i_i \cdot (C_{0j} - C_{0k}) \cdot Za \cdot (Ca_j - Ca_k) . \quad (9)$$

Выразим необходимое сопротивление:

$$Z_{jkvx} = \frac{U_{jk}}{i_i} = (C_{0j} - C_{0k}) \cdot Za \cdot (Ca_j - Ca_k) . \quad (10)$$

Определяем ток коммутированной ветви:

$$I_i = \frac{(C_{0k} - C_{0j}) \cdot Za \cdot Ca \cdot J}{Z_i + (C_{0j} - C_{0k}) \cdot Za \cdot (Ca_j - Ca_k)} . \quad (11)$$

Сопоставив полученное выражение с формулой:

$$I_i = C_i \cdot J , \quad (12)$$

где C_i – строка матрицы коэффициентов коммутированной схемы для ветви i .

Получаем строку коэффициентов:

$$C_i = \frac{(C_{0k} - C_{0j}) \cdot Za \cdot Ca}{Z_i + (C_{0j} - C_{0k}) \cdot Za \cdot (Ca_j - Ca_k)} . \quad (13)$$

Таким же образом пользуясь принципом наложения определяем коэффициенты распределения для коммутированной схемы для некоммутированных ветвей:

$$C_H = C - \frac{(C_j - C_k) \cdot (C_{0k} - C_{0j}) \cdot Z_a \cdot C_a}{Z_i + (C_{0j} - C_{0k}) \cdot Z_a \cdot (C_{aj} - C_{ak})} \quad (14)$$

где C_j, C_k – столбцы матрицы C коэффициентов распределения некоммутированной схемы.

Объединяя (14) и (13), получаем формулу для нахождения всей матрицы коэффициентов распределения коммутированной схемы:

$$C_{ком} = \begin{pmatrix} C \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} C_j - C_k \\ 1 \end{pmatrix} \frac{(C_{0k} - C_{0j}) \cdot Z_a \cdot C_a}{Z_i + (C_{0j} - C_{0k}) \cdot Z_a \cdot (C_{aj} - C_{ak})} \quad (15)$$

Воспользуемся полученной формулой для определения матрицы коэффициентов распределения для схемы электрической сети, представленной на рисунке 1, при коммутации восьмой ветви.

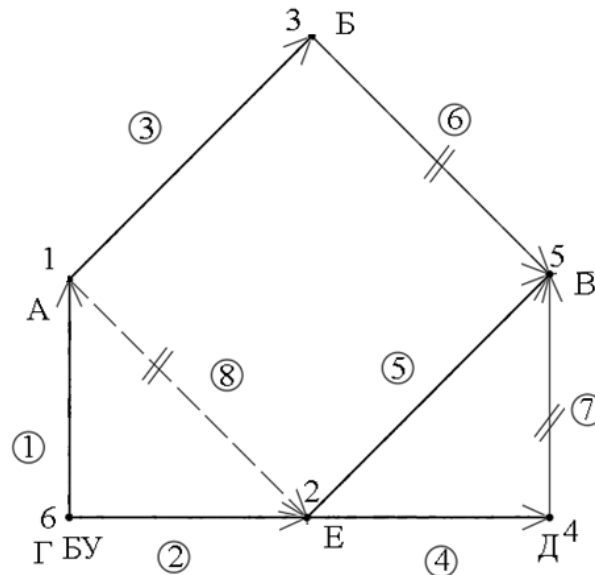


Рисунок 1 – Схема сети

Первая матрица соединений для заданной схемы:

$$M_0 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

Матрица узловых проводимостей для схемы:

$$Y_0 = \begin{pmatrix} 0,251 & 0 & -0,149 & 0 & 0 \\ 0 & 0,412 & 0 & -0,236 & -0,126 \\ -0,149 & 0 & 0,323 & 0 & -0,174 \\ 0 & -0,236 & 0 & 0,327 & -0,091 \\ 0 & -0,126 & -0,174 & -0,091 & 0,391 \end{pmatrix} C_M$$

Исходная матрица коэффициентов распределения (восьмой ветви нет):

$$C = \begin{pmatrix} -0,792 & -0,417 & -0,65 & -0,448 & -0,528 \\ -0,208 & -0,583 & -0,35 & -0,552 & -0,472 \\ 0,208 & -0,417 & -0,65 & -0,448 & -0,528 \\ -0,071 & 0,144 & -0,12 & -0,663 & -0,162 \\ -0,136 & 0,274 & -0,23 & 0,111 & -0,31 \\ 0,208 & -0,417 & 0,35 & -0,447 & -0,528 \\ -0,071 & 0,144 & -0,12 & 0,337 & -0,162 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Матрицы коэффициентов распределения для дерева разомкнутой схемы и для дерева некоммутированной схемы:

$$C0 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$Ca = \begin{pmatrix} -0,792 & -0,417 & -0,65 & -0,448 & -0,528 \\ -0,208 & -0,583 & -0,35 & -0,552 & -0,472 \\ 0,208 & -0,417 & -0,65 & -0,448 & -0,528 \\ -0,071 & 0,144 & -0,12 & -0,663 & -0,162 \\ -0,136 & 0,274 & -0,23 & 0,111 & -0,31 \end{pmatrix}$$

По известным данным схемы произведем пересчет матрицы коэффициентов распределения при коммутации восьмой ветви:

$$C = \begin{pmatrix} C1 - C2 \\ 1 \end{pmatrix} \frac{(C01^T - C02^T) \cdot Za \cdot Ca}{Zi + (C01^T - C02^T) \cdot Za \cdot (Ca1 - Ca1)} =$$

$$= \begin{pmatrix} -0,708 & -0,586 & -0,662 & -0,596 & -0,622 \\ -0,292 & -0,414 & -0,338 & -0,404 & -0,378 \\ 0,067 & -0,136 & -0,629 & -0,201 & -0,371 \\ -0,023 & 0,047 & -0,127 & -0,748 & -0,216 \\ -0,044 & 0,089 & -0,243 & -0,051 & -0,413 \\ 0,067 & -0,136 & 0,371 & -0,201 & -0,371 \\ -0,023 & 0,047 & -0,127 & 0,252 & -0,216 \\ -0,224 & 0,451 & 0,033 & 0,359 & 0,251 \end{pmatrix}$$

где Za – диагональная матрица сопротивлений для дерева;

$C01$ и $C02$ – соответственно столбцы матрицы коэффициентов распределения для дерева разомкнутой схемы для первого и второго узлов;

$Ca1$ и $Ca2$ – соответственно столбцы матрицы коэффициентов распределения для дерева некоммутированной схемы для первого и второго узлов.

Произведем расчет матрицы коэффициентов распределения для коммутированной схемы с помощью первой матрицы соединений и матрицы узловых проводимостей, составленных для коммутированной схемы:

$$C = dZv^{-1} \cdot M^T \cdot Y^{-1} = \begin{pmatrix} -0,708 & -0,586 & -0,662 & -0,596 & -0,622 \\ -0,292 & -0,414 & -0,338 & -0,404 & -0,378 \\ 0,067 & -0,136 & -0,629 & -0,201 & -0,371 \\ -0,023 & 0,047 & -0,127 & -0,748 & -0,216 \\ -0,044 & 0,089 & -0,243 & -0,051 & -0,413 \\ 0,067 & -0,136 & 0,371 & -0,201 & -0,371 \\ -0,023 & 0,047 & -0,127 & 0,252 & -0,216 \\ -0,224 & 0,451 & 0,033 & 0,359 & 0,251 \end{pmatrix}$$

Заключение

Пересчет матрицы коэффициентов распределения при коммутации в схеме произведен верно, так как результаты сошлись с расчетом матрицы при помощи первой матрицы соединений и матрицы узловых проводимостей, определенных для коммутированной схемы сети.

Пересчет позволяет сократить время на нахождение матрицы коэффициентов распределения при коммутации, ведь требует для расчета лишь матрицы исходной схемы.

Литература

1. Поспелов, Г.Е. Электрические системы и сети: [учебник для энергетических специальностей вузов] / Г.Е. Поспелов, В.Т. Федин, П.В. Лычев; под ред. В.Т. Федин. – Минск: Технопринт, 2004. – 710 с.
2. Гурский, С.К. Алгоритмизация задач управления режимами сложных систем в электроэнергетике/ С.К. Гурский; под ред. Г.Е. Поспелова. – Минск: Наука и техника, 1977. – 367 с.

УДК 621.311

**ОПТИМАЛЬНАЯ НУМЕРАЦИЯ ВЕРШИН ГРАФА
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ
THE MOST OPTIMAL ENUMERATION OF ELECTRIC NETWORK
GRAPH'S APEXES**

Г.Д. Козин

Научный руководитель – А.А. Волков, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск G.Kozin
Supervisor – A. Volkau, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в работе рассматриваются методы нумерации вершин графа, преимущества и недостатки этих методов, анализируется актуальность и целесообразность использования рассмотренных методов для небольших сетей и сетей сложной конфигурации.*

***Abstract:** the article studies methods of graph's apexes enumeration, their advantages and disadvantages, analyzes the relevance and reasonability of using the examined methods for networks of minor or complex configuration.*

***Ключевые слова:** нумерация, матрица, ленточная матрица, упорядочение, граф.
Keywords: enumeration, matrix, strip matrix, streamlining, graph.*

Введение

Предположим, что линейная система уравнений узловых напряжений (УУН) установившегося режима решается одним из методов исключения неизвестных (обычно методом Гаусса или его модификациями), причем нулевые элементы в памяти ЭВМ не хранятся и операции с ними не проводятся.

Исключение переменной (прямой ход в методе Гаусса) из УУН, эквивалентны тому, что на схеме электрической сети исключается соответствующий узел, а все узлы смежные исключаемому, оказываются связанными между собой. Таким образом, задача сводится к такой форме записи уравнений состояния, при которой ненулевые элементы матрицы узловых проводимостей будут сгруппированы таким образом, чтобы в ходе решения системы линейных уравнений методом Гаусса появилось как можно меньше новых ненулевых элементов. Такой эффект достигается, если матрица коэффициентов приведена к ленточной форме.

Основная часть

Матрицей в ленточной форме называют такую матрицу, у которой ненулевые элементы расположены в виде “ленты” вдоль главной диагонали матрицы (рисунок 1) [1].

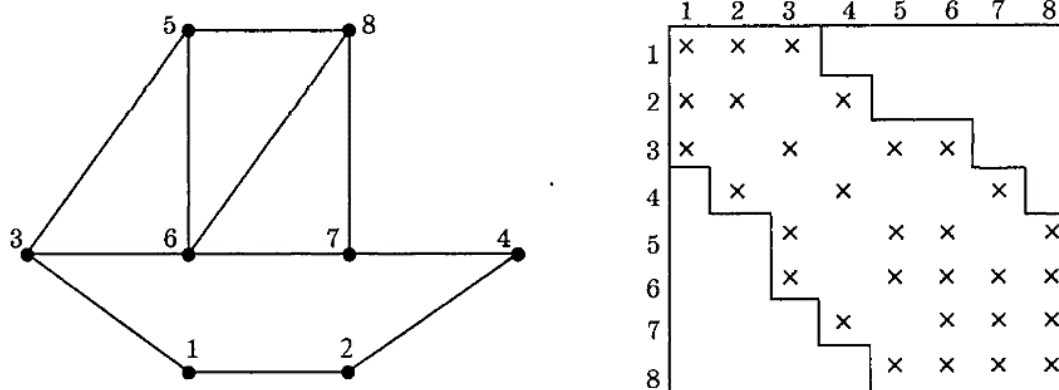


Рисунок 1 – Упорядочение нумерации графа электрической сети для получения ленточной матрицы узловых проводимостей (крестиками обозначены ненулевые элементы)

Для придания матрице ленточной форме используют следующий алгоритм:

- выбирают узел, к которому подсоединено наименьшее число ветвей, и присваивают ему номер 1. Если таких узлов несколько, то выбираются любой из них;
- присваивают следующие номера узлам, смежные с первым (нумерация ведется в порядке возрастания их степеней);
- выполняем предыдущий шаг до тех пор, пока не будут пронумерованы все узлы.

Также данный процесс справедливо называют окаймлением диагонали. Для иллюстрации изложенного выше алгоритма рассмотрим граф, приведенный на рисунке 2 а.

Начинаем нумерацию от узла с наименьшим количеством присоединенных ветвей. В нашем случае это узлы БУ, Г и Д. Выберем БУ в качестве первого узла.

Далее, в соответствии с пунктом 2 нашего алгоритма, нумеруем узлы, смежные с узлом 1. Выполняем шаг 2 до тех пор, пока все не пронумеруем все узлы (рисунок 2 б).

Расположение ненулевых элементов матрицы Y_y определяется способом нумерации узлов электрической системы. Проиллюстрируем способ нумерации узлов на примере квадратной матрицы соединений узлов, которая состоит из нулей и единиц. Если узел j соединен с узлом i , то на пересечении строки и столбца соответствующих номерам узлов j и i стоит 1 (для учета слабой заполненности знак перед единицей значения не имеет). Таким образом, матрица соединений отличается от матрицы узловых проводимостей лишь тем, что все ненулевые элементы заменены единицами. В данной статье матрица соединений используется для отображения характера изменения матрицы узловых проводимостей при различных способах нумерации заданного графа.

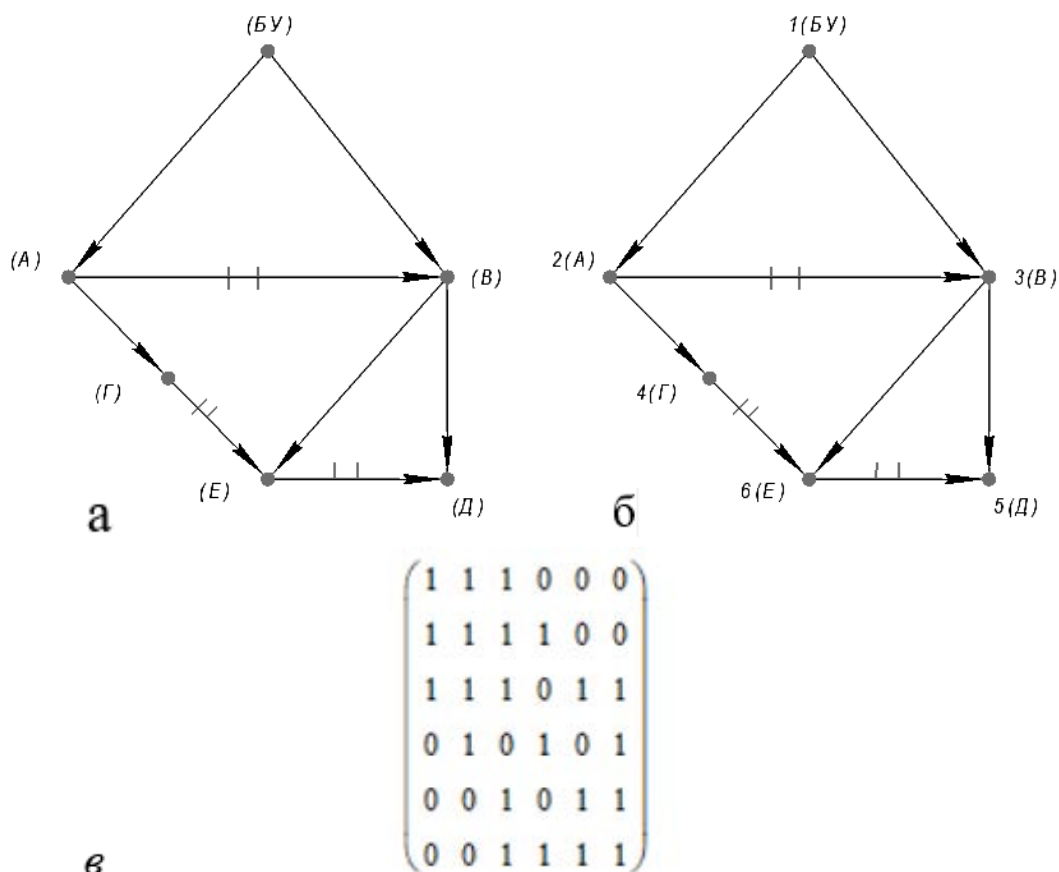


Рисунок 2 – Исходная схема(а), пронумерованный вариант(б) и матрица соединений, отображающая ленточный характер матрицы узловых проводимостей (в)

Одно из основных свойств данной факторизации заключается в том, что в процессе исключения не могут появиться ненулевые элементы вне полосы вокруг главной диагонали. Следовательно, необходимость запоминать элементы за пределами “ленты” отпадает, что позволяет уменьшить количество используемой оперативной памяти и повысить скорость расчетов. Тем не менее при этом необходимо запоминать все элементы внутри полосы, даже нулевые, поскольку существует вероятность, что в процессе исключения эти элементы станут ненулевыми. По этой причине, данный подход не использует полностью слабую заполненность структуры, за исключением случаев, когда ширина полосы сравнительно мала и исходное число нулевых элементов в полосе очень невелико.

Область применения методов окаймления диагонали ограничивается узко специальным классом задач и очень невелика. У этих методов, однако, есть ряд преимуществ. Во-первых, процесс исключения – систематический; во-вторых, требуемый объем памяти известен заранее по ширине диагональной полосы, и наконец, будучи методами предварительного упорядочения, они очень просто программируются. С другой стороны, у этих методов есть несколько существенных недостатков. Если при их оценке учесть затраты времени на факторизацию и численное решение, то они становятся неэффективными для сетевых задач общего вида.

Для сетевых задач общего вида с матрицей высокого порядка единственным приемлемыми представляются методы динамического упорядочения, особенно для задач все большей размерности и при необходимости решения нескольких однотипных задач, однако методы нелегко программировать, и их реализация на ЭВМ требует гораздо больше машинного времени, нежели реализация методов предварительного упорядочения.

Методы динамического упорядочения определяют последовательность исключения узлов в процессе самого исключения, основываясь на минимизации числа возникающих новых ветвей. Наиболее распространенным является метод минимального ранга.

Метод минимального ранга, или метод Марковича (здесь под рангом понимается число смежных узлов, или, что то же самое, число связей с другими узлами) [2]. Суть метода заключается в том, что на каждом шаге треугольного разложения в качестве ведущего выбирается узел, имеющий минимальное количество связей (минимальный ранг). При исключении узла i из графа ЭС ранги смежных к нему узлов должны корректироваться по формуле

$$r_k^{i+1} = r_k^i + (r_i^i - 1) - l_k - 1, \tag{1}$$

где r_i – ранг узла i ; r_k^i, r_k^{i+1} – ранг узла k , смежного узлу i , до и после исключения i ; l_k – число уже имеющихся связей между узлом k и смежными узлу i узлами. Следовательно, в этом случае на каждом шаге разложения матрицы должны пересчитываться ранги узлов и определяться элементы, имеющие минимальный ранг. Порядок исключения узлов становится известным полностью лишь по завершении треугольного разложения.

Метод минимального ранга минимизирует максимально возможное заполнение на шаге исключения. Применим данный метод для рассмотренного ранее графа (рисунок 3).

Для данной схемы, порядок исключения будет совпадать с порядком нумерации узлов графа.

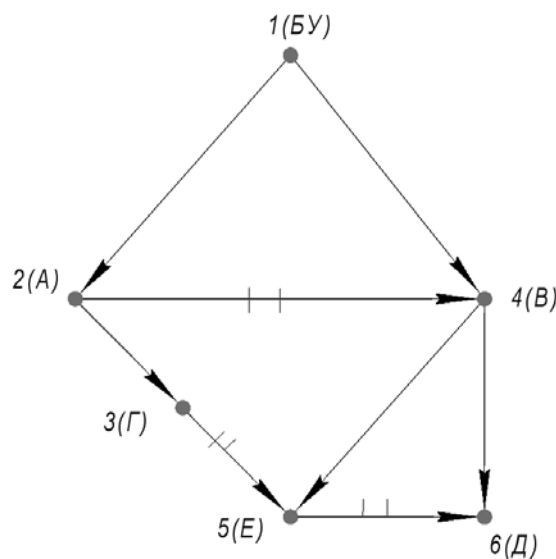


Рисунок 3 – Нумерация по методу минимального ранга

Заключение

Сопоставив результаты двух рассмотренных методов, можем сделать вывод, что для простых задач, содержащих всего несколько переменных, применение разных методов приводит лишь к незначительному различию. Действительно, для очень простых задач, имеющих, например, до 10-15 переменных, даже применение непосредственного обращения матрицы приводит лишь к небольшому увеличению времени расчета. Для задач, содержащих, например, 50 переменных и более, целесообразно не только выбрать наилучший метод нумерации, но и обратить внимание на структуру и эффективность программы в целом.

Для больших сетей произвольной конфигурации наилучшим решением представляется сочетание факторизации с простым динамическим методом упорядочения (метод Марковича).

Литература

1. Идельчик, В.И. Расчеты и оптимизация режимов электрических сетей и систем / В.И. Идельчик. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
2. Вычислительные модели потокораспределения в электрических системах: монография / Б.И. Аюев, В.В. Давыдов, П.М. Ерохин, В.Г. Неуймин; под ред. П.И. Бартоломея. – М.: Флинта : Наука, 2008. – 256 с.

УДК 621.311

РАСЧЁТ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С
ПОМОЩЬЮ УУН В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ
CALCULATION OF THE MODE OF THE AC ELECTRICAL NETWORK
USING THE NVE IN A RECTANGULAR COORDINATE SYSTEM

П.А. Матусевич

Научный руководитель – А.А. Волков, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

P. Matusевич

Supervisor – A. Volkau, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: проведены расчет и анализ режима электрической сети переменного тока с помощью уравнений узловых напряжений, а именно методом простой итерации, приведенной к виду для нахождения продольных и поперечных составляющих напряжений.

Abstract: calculation and analysis of the AC power grid mode using the nodal voltage equations, namely by the method of simple iteration, reduced to the form for finding the longitudinal and transverse components of the voltages.

Ключевые слова: уравнения узловых напряжений, баланс токов, комплексные числа, действительные и мнимые составляющие.

Keywords: nodal voltage equations, current balance, complex numbers, real and imaginary components.

Введение

Расчет установившихся режимов электрической сети заключается в определении напряжений в узлах сети, с помощью которых находят распределение потоков и потерь мощности. Чтобы получить эти данные, наиболее эффективно и удобно использовать уравнения узлового напряжения, которые выводятся из первого закона Кирхгофа в результате представления токов во всех ветвях в соответствии с законом Ома через узловые напряжения и проводимости ветвей.

Основная часть

Запишем УУН [1]:

$$\sum_{\eta=1}^N U_{\eta} Y_{i\eta} = \frac{S_i^*}{U_i^*} \quad (1)$$

где N - количество узлов в сети, включая балансирующий;

S_i^* и U_i^* – сопряженные мощность и напряжение i-го узла;

$Y_{i\eta}$ – проводимости узлов.

Стоит отметить, что все переменные в формуле (1) являются комплексными числами:

$$U = U_a + jU_r; \quad (2)$$

$$Y = g - jb; \tag{3}$$

$$S = P + jQ; \tag{4}$$

Подставим формулы (2), (3) и (4) в формулу (1):

$$\sum_{\eta=1, \eta \neq i}^N (Ua_{\eta} + jUr_{\eta})(g_{i\eta} - jb_{i\eta}) = \frac{P_i - jQ_i}{Ua_i - jUr_i} \tag{5}$$

После выполнения преобразований система (5) приводится к системе действительных уравнений двойной размерности [2]:

$$\sum_{\eta=1}^N (g_{i\eta}Ua_{\eta} + b_{i\eta}Ur_{\eta}) = \frac{P_iUa_i + Q_iUr_i}{V_i^2} \tag{6}$$

$$\sum_{\eta=1}^N (g_{i\eta}Ur_{\eta} - b_{i\eta}Ua_{\eta}) = \frac{P_iUr_i - Q_iUa_i}{V_i^2} \tag{7}$$

где V – модуль узлового напряжения.

Выполним расчёт режима следующей электрической сети, схема которой приведена на рисунке 1.

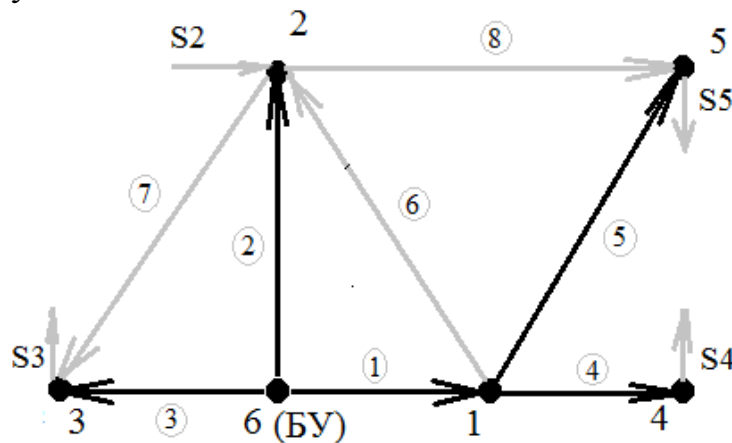


Рисунок 1 – Схема электрической сети

Найдём активную и реактивную проводимости, зная суммарную матрицу узловых проводимостей:

$$g_{\Sigma} := \text{Re}(Y_{\text{sum}}) = \begin{pmatrix} 0.078 & -0.021 & 0 & -0.026 & -0.019 & -0.013 \\ -0.021 & 0.077 & -0.02 & 0 & -0.019 & -0.017 \\ 0 & -0.02 & 0.057 & 0 & 0 & -0.038 \\ -0.026 & 0 & 0 & 0.026 & 0 & 0 \\ -0.019 & -0.019 & 0 & 0 & 0.038 & 0 \\ -0.013 & -0.017 & -0.038 & 0 & 0 & 0.067 \end{pmatrix} \quad b := \text{Im}(Y_{\text{sum}}) = \begin{pmatrix} -0.166 & 0.056 & 0 & 0.037 & 0.032 & 0.041 \\ 0.056 & -0.172 & 0.034 & 0 & 0.027 & 0.055 \\ 0 & 0.034 & -0.073 & 0 & 0 & 0.039 \\ 0.037 & 0 & 0 & -0.037 & 0 & 0 \\ 0.032 & 0.027 & 0 & 0 & -0.059 & 0 \\ 0.041 & 0.055 & 0.039 & 0 & 0 & -0.135 \end{pmatrix}$$

В нашей схеме 5 узлов, не считая балансирующего, поэтому по формулам (6) и (7) получим систему из 10 уравнений и 10 неизвестных. Фрагмент подготовленной системы уравнений для расчета в программе Mathcad представлен на рисунке 2.

$$g_{1,1} \cdot U_{a1} + b_{1,1} \cdot U_{r1} + g_{1,2} \cdot U_{a2} + b_{1,2} \cdot U_{r2} + g_{1,3} \cdot U_{a3} + b_{1,3} \cdot U_{r3} + g_{1,4} \cdot U_{a4} + b_{1,4} \cdot U_{r4} + g_{1,5} \cdot U_{a5} + b_{1,5} \cdot U_{r5} + g_{1,6} \cdot U_{by} = \frac{P_1 \cdot U_{a1} + Q_1 \cdot U_{r1}}{(V_1)^2}$$

$$g_{1,1} \cdot U_{r1} - b_{1,1} \cdot U_{a1} + g_{1,2} \cdot U_{r2} - b_{1,2} \cdot U_{a2} + g_{1,3} \cdot U_{r3} - b_{1,3} \cdot U_{a3} + g_{1,4} \cdot U_{r4} - b_{1,4} \cdot U_{a4} + g_{1,5} \cdot U_{r5} - b_{1,5} \cdot U_{a5} - b_{1,6} \cdot U_{by} = \frac{P_1 \cdot U_{r1} - Q_1 \cdot U_{a1}}{(V_1)^2}$$

Рисунок 2 – Фрагмент системы уравнений узловых напряжений

Результаты расчета напряжений показаны на рисунке 3.

$$U1 := \sqrt{V1^2 + W1^2} = 111.451 \quad d1 := \frac{\text{atan}\left(\frac{W1}{V1}\right)}{\text{deg}} = -2.942$$

$$U2 := \sqrt{V2^2 + W2^2} = 115.078 \quad d2 := \frac{\text{atan}\left(\frac{W2}{V2}\right)}{\text{deg}} = -1.351$$

$$U3 := \sqrt{V3^2 + W3^2} = 112.925 \quad d3 := \frac{\text{atan}\left(\frac{W3}{V3}\right)}{\text{deg}} = -1.424$$

$$U4 := \sqrt{V4^2 + W4^2} = 100.196 \quad d4 := \frac{\text{atan}\left(\frac{W4}{V4}\right)}{\text{deg}} = -6.065$$

$$U5 := \sqrt{V5^2 + W5^2} = 108.196 \quad d5 := \frac{\text{atan}\left(\frac{W5}{V5}\right)}{\text{deg}} = -3.614$$

Рисунок 3 – Значения узловых напряжений

Для проверки полученных результатов выполним контрольный расчет в программе Rastr. Результаты расчета представлены на рисунках 4 и 5 и на схеме электрической сети на рисунке 6.

Тип	Номер	U_ном	N_...	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	V	Delta	U	P_неб	Q_неб	Терр...
Нагр	1	110									111,46	-2,94	111.3-35.7	0,041	0,034	
Нагр	2	110				37,0	17,0				115,09	-1,35	115.1-32.7	0,047	0,044	
Нагр	3	110		44,0	22,0						112,93	-1,42	112.9-32.8	0,002	0,018	
Нагр	4	110		51,0	25,0						100,21	-6,06	99.6-310.6	0,005	0,001	
Нагр	5	110		38,0	19,0						108,21	-3,61	108-36.8	0,002		
База	6	110				105,3	65,2	119,0			119,00		119			

Рисунок 4– Результаты расчета режима электрической сети по узлам

S	Тип	N_нач	N_кон	N_п	R	X	B	Кт/r	P_нач	Q_нач	Na	I max
	ЛЭП	6	1		6,82	22,28			-39,41	-28,99		237
	ЛЭП	6	2		5,08	16,61			-25,67	-20,42		159
	ЛЭП	6	3		12,84	13,32			-40,24	-15,74		210
	ЛЭП	1	4		12,85	18,23			-55,12	-30,85		327
	ЛЭП	1	5		13,45	23,06			-11,44	-9,10		76
	ЛЭП	1	2		5,97	15,69			28,27	14,69		165
	ЛЭП	2	3		12,70	21,78			-5,54	-8,16		49
	ЛЭП	2	5		17,75	25,17			-28,04	-12,07		153

Рисунок 5– Результаты расчета режима электрической сети по ветвям

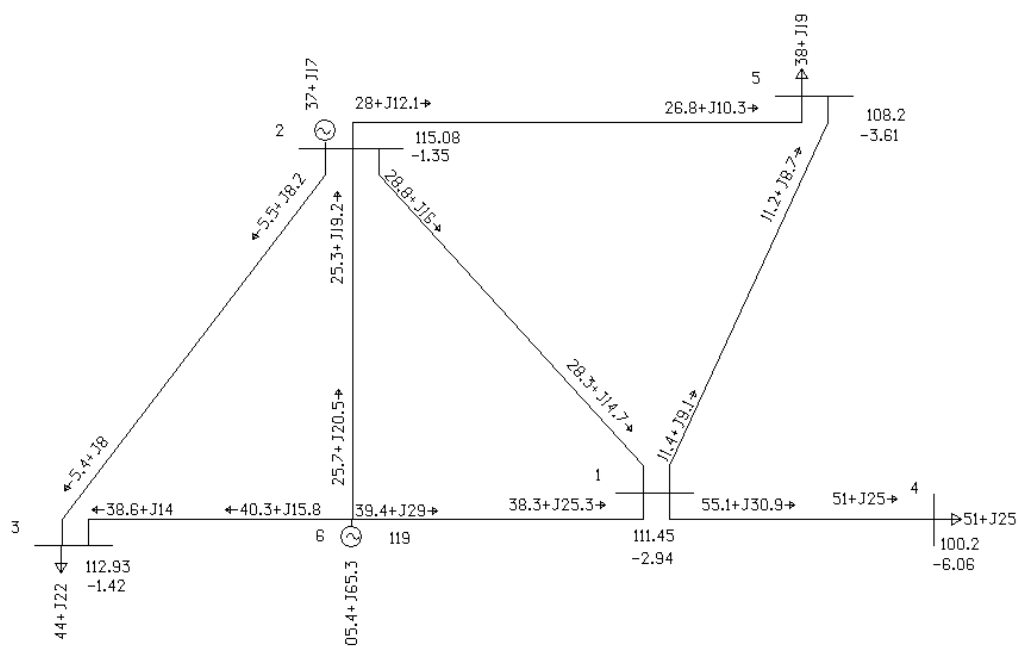


Рисунок 6 – Схема электрической сети с результатами расчета по программе Rastr

Заключение

В ходе работы был проведен расчёт режима электрической сети переменного тока с помощью уравнений узловых напряжений в прямоугольной системе координат.

Литература

1. Герасименко, А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие [для вузов по направлению "Электроэнергетика"] / А.А. Герасименко, В.Т. Федин – Изд. 2-е. – Ростов-на-Дону: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2008. – 718 с.
2. Вычислительные модели потокораспределения в электрических системах: монография / Б.И. Аюев, В.В. Давыдов, П.М. Ерохин, В.Г. Неуймин; под ред. П.И. Бартоломея. – М.: Флинта : Наука, 2008. – 256 с.

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С АВТОМАТИЧЕСКИМ ОГРАНИЧЕНИЕМ ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА

В.В. Гарновский, А.В. Василюк

Научный руководитель – А.В. Горностай, к.т.н., доцент

КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Е.А. Шетик, И.В. Кулинич

Научный руководитель – С.В. Константинова, к.т.н., доцент

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОСВЕЩЕНИЯ В ДОМЕ

Д.В. Лагунов, Д.А. Козловская

Научный руководитель – Ю.И. Богданов

ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

А.В. Кажуро, Д.П. Бортник

Научный руководитель – Т.М. Ярошевич, старший преподаватель

УДК 624.97

**ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА С АВТОМАТИЧЕСКИМ
ОГРАНИЧЕНИЕМ ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА
WIND POWER PLANT WITH AUTOMATIC TORQUE LIMITATION**

В.В. Гарновский, А.В. Василюк

Научный руководитель – А.В. Горностай, к.т.н., доцент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

V. Harnovski, A. Vasiliuk

Supervisor – A. Gornostay, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: предложена схема ветроэнергетической установки, с автоматическим ограничением вращающего момента, который выполнен в виде цифрового решающего блока, снабженного цифровыми преобразователями частоты вращения генератора, напряжения и тока нагрузки, блоком программного управления, вычислительными блоками значений нагрузки и мощностной характеристики ветродвигателя, сравнивающим блоком, блоком допустимых отклонений, блоком вычисления отклонения от допустимого значения, блоком переключения, блоками формирования управляющих сигналов на подключение нагрузки.

Abstract: the scheme of a wind power plant with automatic torque limitation is proposed, which is made in the form of a digital decision block equipped with digital converters of the generator speed, load voltage and current, a software control unit, computational blocks of load values and power characteristics of the wind turbine, a comparing block, a block of permissible deviations, a block for calculating deviations from the permissible value, a switching block, blocks for generating control signals for connecting the load.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, ветродвигатель, ветрогенератор, вращающий момент.

Keywords: wind power plant, wind turbine, wind generator, torque.

Введение

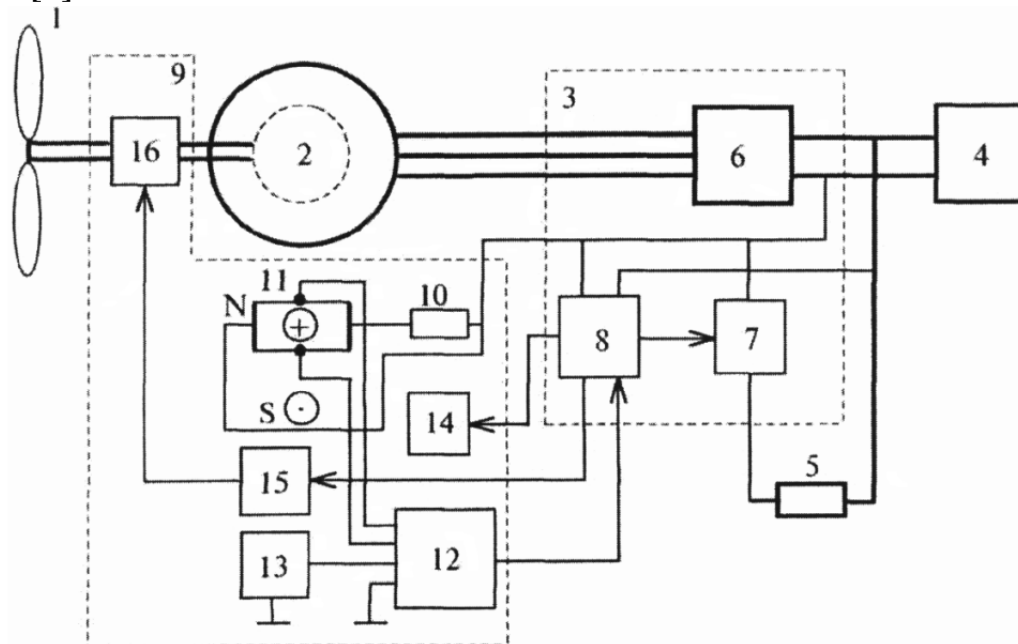
Известна ветроэнергетическая установка, содержащая ветродвигатель, генератор, датчики контролируемых параметров частоты вращения генератора, напряжения и тока нагрузки, подключенные к проверяемым выходам и регулятор, соединяющий генератор через соответствующие блоки коммутации с приоритетной и обычной нагрузками [1]. Недостатком такой ветроэнергетической установки является низкая эффективность управления генератором, поскольку в этом случае используется датчик ветра и импульсный генератор для подключения нагрузок. При этом хотя и обеспечивается электрическое торможение генератора в соответствии с законом работы ветродвигателя, тем не менее не происходит точной адаптации ветродвигателя к нагрузке, т. е. не обеспечивается его оптимальная по мощности загрузка. Все это значительно снижает коэффициент полезного действия ветроэнергетической установки.

Основная часть

Предложено усовершенствование конструкции ветроэнергетической установки с целью увеличения её ресурсного срока путем оптимальной загрузки ветродвигателя при колебаниях скорости ветра.

Для этого в ветроэнергетической установке, содержащей ветродвигатель, генератор, датчики контролируемых параметров частоты вращения генератора, напряжения и тока нагрузки, подключенные к проверяемым выходам, добавлен автоматический ограничитель вращающего момента, выполненный в виде цифрового решающего блока, снабженного цифровыми преобразователями частоты вращения генератора, напряжения и тока нагрузки, блоком программного управления, вычислительными блоками значений нагрузки и мощностной характеристики ветродвигателя, сравнивающим блоком, блоком допустимых отклонений, блоком вычисления отклонения от допустимого значения, блоком переключения, блоками формирования управляющих сигналов на подключение нагрузки.

Структурная схема ветроэнергетической установки представлена на рисунке 1 [2].



- 1 – ветродвигатель; 2 - генератор; 3 - блок управления; 4 –аккумуляторная батарея;
 5 - балластная нагрузка; 6 – выпрямитель; 7 – ключ; 8 - логическое устройство;
 9 - устройство ограничения вращающего момента; 10 - датчик управляющего тока;
 11 - датчик Холла; 12 - пороговый усилитель; 13 - блок питания; 14 - блок сигнализации; 15 - исполнительный орган; 16 - тормозная муфта.

Рисунок 1 – Функциональная схема ветроэнергетической установки

При резком увеличении скорости ветра возрастает текущее значение вращающего момента на его валу. В этом случае появляется сигнал рассогласования. Этот сигнал подается на вход логического устройства, которое выдает сигнал о перегрузке генератора и на включение тормозной муфты. Тормозная муфта ограничивает вращающий момент до тех пор, пока текущее значение вращающего момента не возвратится к допустимому.

В зависимости от скорости ветра процесс управления величиной вращающего момента повторяется. При этом тормозная муфта будет периодически включаться, обеспечивая тем самым эффективное регулирование величины вращающего момента.

Заключение

Таким образом, за счет работы ветродвигателя в режиме ограничения вращающего момента на валу генератора, снижения осевого давления на вал и уменьшения вибраций конструкции обеспечивается увеличение ресурсного срока ветроэнергетической установки.

Литература

1. Шефтер, Я.И. Использование энергии ветра. 2-е изд., перераб. и доп. / Я.И. Шефтер–М.: Энергоатомиздат, 1983. 200 с., ил.
2. Горноста́й А.В., Ролик Ю.А. Патент на полезную модель РБ 7688, опубл. 30.10.2011.

УДК 621.3

**КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН
МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ
CONTROL OF SURFACES OF PARTS OF ELECTRIC MACHINES BY
LASERS SCANNING**

Е.А. Шетик, И.В. Кулинич

Научный руководитель – С.В. Константинова, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

E. Shetik, I. Kulinich

Supervisor - S. Konstantinova, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian National Technical University, Minsk

***Аннотация:** применение лазерного сканирования для контроля качества геометрических размеров деталей электрических машин.*

***Abstract:** the use of laser scanning for quality control of the geometric dimensions of electrical machine parts.*

***Ключевые слова:** сканер, луч, излучение, технологии, модель, электрическая машина.*

***Keywords:** laser, scanner, beam, x-ray, technology, model, electric machine.*

Введение

Одними из важных требований к изготовлению частей электрических машин является точность. Технология контроля занимает особое место в машиностроении.

Основная часть

По сравнению с привычными способами измерения, лазерные сканеры обладают важнейшим преимуществом — они способны оцифровывать различные объекты с поверхностями любой сложности и могут применяться в самых недоступных для человека местах. Главные области использования приборов — контроль качества на производстве, надзор за использованием работающих приборов в целях профилактики и ликвидации неисправностей. т.д.

При помощи такого метода появилась возможность сканирования значительной площади за небольшой промежуток времени, т.к. лазерная установка способна собирать одновременно до одного миллиона координат по всему диаметру. Данный фактор так же позволяет сократить количество ненужных «откатываний» техники для измерений.

Из-за высокой точности сканирования лазерного сканера в автоматическом режиме, вероятность возникновения ошибки практически отсутствует. Таким образом, применение лазерного сканирования даёт нам возможность сразу же получить точную информацию о цифровой модели объекта (рис. 1).

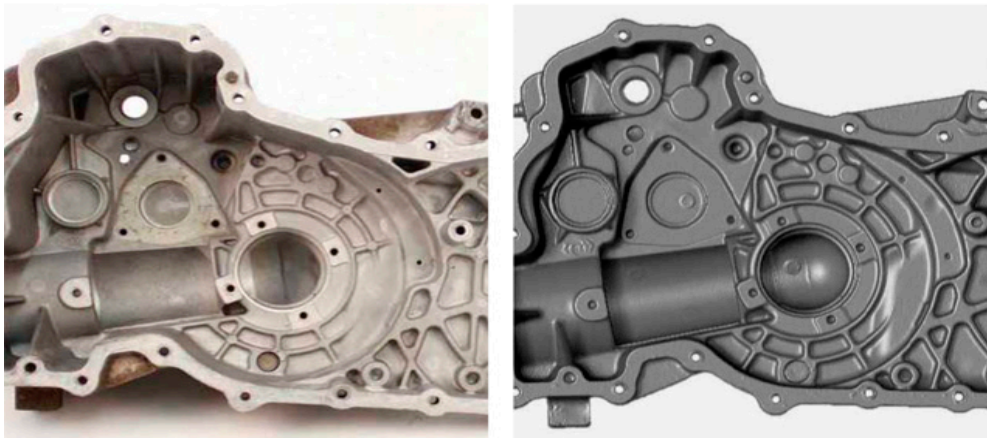


Рисунок 1 – Реальная деталь и её отсканированная модель

Лазерные сканеры – это такие устройства, которые выполняют трёхмерные измерения, а после используют с целью приобретения информации об исследуемых предметах, так же для их дальнейшей обработки и изучения при помощи компьютерных технологий. Лазерным сканерам не нужно взаимодействовать механически с исследуемым объектом, их можно применять для углубленного или выборочного 3D-измерения различных физических объектов. Большая часть таких сканеров создаёт точки предельной плотности по сравнению с привычными устройствами контактного измерения, что позволяет сделать исследование измеряемого объекта более информативным.

Одними из самых популярных моделей метрологических измерений являются HandyPROBE и MetraSCAN. HandyPROBE – это переносная координатно-измерительная машина, которая способна заменить обычные измерения габаритов объекта простейшими измерительными приборами (линейки, рулетки и т.п.), с её помощью можно измерить предметы простой формы (плоскости, конусы, цилиндры и т.д.) и сохранять результаты измерений в виде САПР-данных. MetraSCAN – лазерный 3D-сканер, который предназначен для высокоскоростного сканирования и выполнения высокоточных измерений крупногабаритных объектов самых сложных форм.

Принцип работы лазерного сканера.

Принцип работы лазерного сканера основан на триангуляционном методе измерения расстояния до объекта, т.е. практически как в геодезии, а именно в определении пространственного местоположения специально закрепленных на местности пунктах в вершинах целого ряда треугольников. Принцип лазерного сканирования состоит в выражении объекта из физической формы в цифровую, посредством сбора нужной информации о геометрических размерах и формах исследуемого элемента, с дальнейшим созданием копии в трёхмерном формате. При помощи полученных цифровых данных появляются огромные перспективы последующей работы с ними: полученную модель можно изменять в соответствии с определёнными требованиями, меняя её размеры и форму.

В сканере используются источник лазерного луча высокой плотности пучка, который отличается от привычного света, после попадания на поверхность. В результате отражения луча от предмета часть пучка попадает в приемник (рис. 2).

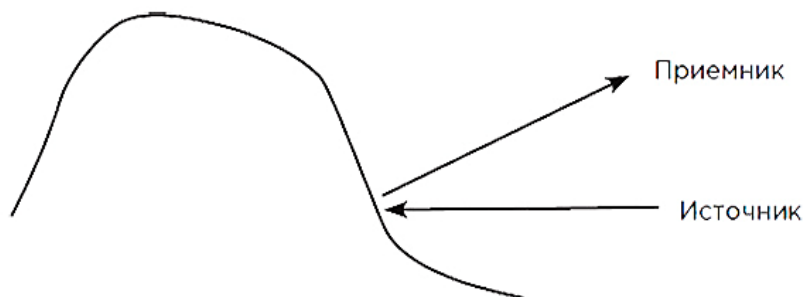


Рисунок 2 – Схема работы лазерного сканера

Из этого следует, что положение точки лазера на приёмнике изменяется в зависимости от расстояния до объекта и угла между ними. Принимая во внимание, что приёмник лазерного луча и источник статичны и находятся на установленном расстоянии, мы можем определить угол отражения простым геометрическим построением.

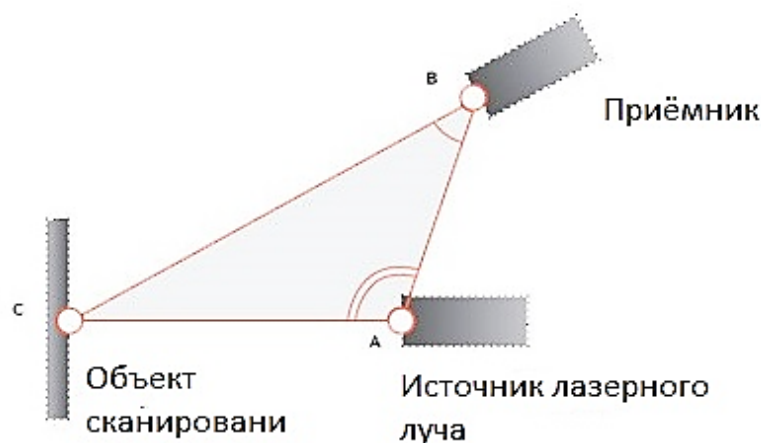


Рисунок 3 – Геометрическая схема

Применение технологии лазерного сканирования открывает и решает следующие виды задач, такие как:

- изготовление деталей, давно снятых с производства взамен вышедшей из строя или если нецелесообразно приобретение ремкомплекта для всей установки;
- способность сохранения уникальных деталей в цифровом формате с дальнейшей доработкой скана изделия и т.д.
- конкурентный анализ продукта;
- измерение среды эксплуатации или сопрягаемых деталей;
- изучение формы экспериментального объекта для подтверждения правильности концепции.
- Выделяют несколько направлений в использовании 3D-сканера:

- контроль геометрических параметров исследуемого объекта.
- воссоздание трёхмерной модели для реверс-инжиниринга и упрощения прототипирования.

Обратное проектирование (реверс-инжиниринг) – это исследование готового объекта с последующим созданием полигональной модели. Инженер, занимающийся обратным инжинирингом, работает в некоторой степени как археолог. Главная цель его работы - восстановить модель детали, для дальнейшего получения аналогичного продукта.

Одним из ярких примеров по выполнению считывания лазерным сканером размеров с объекта являются медные стержни генератора, где измерения производятся при помощи трёхмерной съёмки лазером сканера. Главная задача этой научной работы состоит в том, чтобы проверить насколько соответствуют параметры уже готовых деталей. В первую очередь, при изготовлении статора должны проектироваться стержни статора, для которых и задаются все характеристики. Стержни представляют собой многослойные медные детали, которые содержат участки, имеющие выгнутые участки, а также вращательный элемент. Чтобы придать заготовке нужную форму, используют формообразующий шаблон. После всех манипуляций, полученная деталь должна чётко встать в соответствующие пазы статора и их концы должны совпасть. В действительности, большое влияние в проектные данные формообразующего шаблона оказывают различные явления, в частности, остаточное напряжение (которое является неотъемлемым свойством металла). На производстве может произойти несостыковка деталей генератора из-за отсутствия достаточно точных измерительных приборов, поэтому бывает невозможно оценить геометрические параметры произведенных изделий.

Чтобы проверить геометрические параметры, как правило, изготавливается упрощенный макет статора, на который в последующем крепятся изготовленные стержни, также выгоднее с экономической точки зрения изготовить макет, чем реальный статор. Часто сложно дать конкретную оценку качеству изготовленных деталей, т.к. макет статора всё-таки отличается от реальной конструкции статора. Поэтому с целью более качественного геометрического контроля параметров деталей, оптимизации и сокращения стоимости производства появилась необходимость альтернативного метода. Для оценки точности изготовления возможно применять трехмерное сканирование, чтобы воссоздать их в трехмерной модели. С помощью компьютера можно имитировать нахождение стержней внутри электрической машины и заранее определить ошибку несостыковки деталей.

Такие работы можно выполнять лазерным сканером Mensi GS20 (табл. 1).
Таблица 1 – Основные технические характеристики лазерного сканера Mensi GS20

Дальность действия	До 350 м
Точность измерения расстояний	2,5 мм
Минимальный угловой шаг сканирования	0,0018 градусов

Для исследования возможностей лазерного использован стержень длиной 2,67 м, а на рисунке 4 продемонстрирован внешний вид.

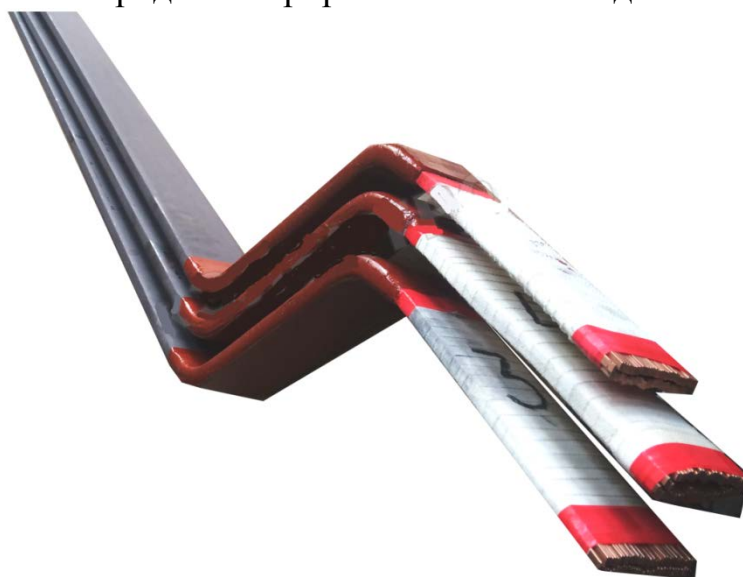


Рисунок 4 – Стержень обмотки статора

При визуальном контроле нескольких 3D моделей заметно минимальное отклонение размеров изделия из-за наличия погрешности в измерительной установке. Если сравнивать данный опыт с механическими измерениями (в нашем случае – штангенциркуль) точность точечной модели лежит в пределах 3 – 5 мм.

Точечные модели верхнего и нижнего стержней представлены в виде блоков (рис. 5).

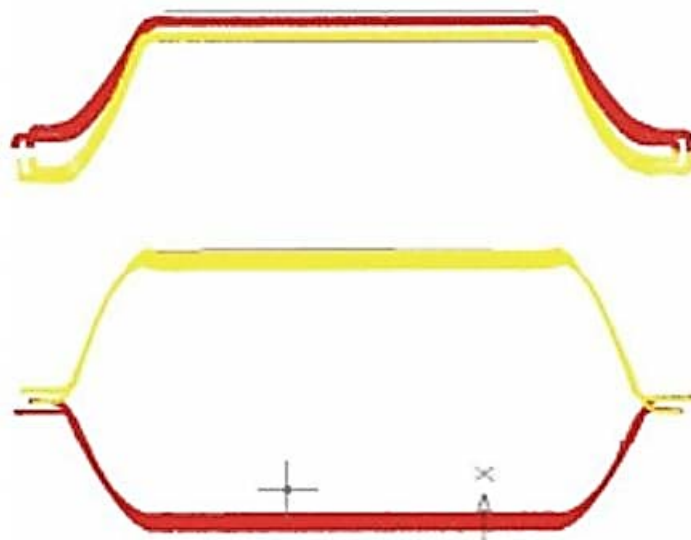


Рисунок 5 – Чертеж стержней в двух проекциях

Чтобы определить реальное положение объектов, в программе были созданы необходимы оси, аналогичные действительному положению деталей в статоре. Местная система координат была расположена вдоль основных осей деталей. В результате всех испытаний, в плоскостях этой системы координат

получилось построить чертежи деталей с последующим размещением промеров необходимых участков.

Применение технологии 3D сканирования позволяет получить модель исследуемого объекта с необходимыми размерами за малый промежуток времени, в отличие от механических, но класс точности используемого сканера не представляется для дальнейшего применения в производстве деталей

Заключение

Однако сам опыт позволяет говорить о скорейшем глобальном распространении в мире измерений прогрессивного метода контроля с помощью лазерных 3Dсканеров. Можно утверждать, что данная статья в значительной степени отвечает на вопросы контроля геометрических характеристик элементов электрических машин методом лазерного сканирования.

Литература

1. Лазерное 3D- сканирование и портативные КИМ для контроля геометрических параметров и обратного проектирования [Электронный ресурс]/ Лазерное 3D –сканирование. – Режим доступа: <https://ostec-group.ru/group-ostec/pressroom/articles/tekhpodderzhka/lazernoe-3d-skanirovanie-i-portativnyye-kim-dlya-kontrolya-geometricheskikh-parametrov-i-obratnogo-pr/> . – Дата доступа: 24.10.2022.

2. Контроль геометрических характеристик элементов электрических машин методом лазерного сканирования [Электронный ресурс]/ Лазерное сканирование. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontrol-geometricheskikh-harakteristik-elementov-elektricheskikh-mashin-metodom-lazernogo-skanirovaniya/viewer>. –Дата доступа: 24.10.2022.

УДК 628.92

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ОСВЕЩЕНИЯ В ДОМЕ
AUTOMATION OF LIGHTING IN THE HOUSE**

Д.В. Лагунов, Д.А. Козловская
Научный руководитель – Ю.И. Богданов
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
D. Lagunov, D. Kozlovskaya
Supervisor – Y. Bogdanov
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: *разновидности осветительных приборов, подбор управляющих устройств для каждого вида, методы взаимодействия пользователя с системой автоматизации.*

Abstract: *the types of lighting devices, the selection of control devices for each type, the methods of user interaction with the automation system.*

Ключевые слова: *освещение, автоматизация, управление, приборы, источники.*

Keywords: *lighting, automation, control, devices, sources.*

Введение

В наше время частью современного комфортного жилья является система освещения. В наши дни большинство людей стремится добавить освещению дополнительные функции. Например, автоматическое включение и выключение света, поддержание необходимого уровня освещённости, управление цветом подсветки в зависимости от времени суток и многое другое. Это не только создает комфорт, но и экономит электрическую энергию. Воплотить это в реальность можно с помощью системы автоматизированного управления освещением. Эта система может быть частичкой «умного дома» или самостоятельным решением.

Выпускается большое количество различных устройств, которые позволяют построить «умные» системы различной сложности.

Основная часть

Автоматизация освещения – сфера, которая используется для дистанционного мониторинга и управления наружным и внутренним освещением.

Как же устроена автоматизация освещения?

Категории, на которые делится оборудование в системах автоматического управления освещением:

- осветительные приборы: лампы, светильники, светодиодные ленты и т.п.;
- устройства управления освещением: реле, диммеры;
- источники управления: клавишные выключатели, датчики, сенсорные панели и т.п.;
- контроллеры;
- вспомогательные устройства: блоки питания, модули передачи данных, усилители мощности и т.д.

Системы автоматизации освещения влияют на качество жизни и стоимость дома. «Автоматизация освещения» — широкое понятие, охватывающее все, от системы управления сценой в одной комнате до системы управления внутренним и внешним освещением всего дома.

Автоматизация домашнего освещения уже не является только предметом роскоши, а стала частью образа жизни из-за снижения затрат и сложности. Система управления освещением для всего дома, вариант самого высокого уровня, может включать в себя контроллеры сцены (обычно комнатные или зональные), центральный контроллер (с таймером и программированием), диммерную стойку и процессор (в зависимости от производителя), дистанционное управление (s), датчики присутствия/движения и связанные с ними устройства, такие как фотоэлементы, телефон, система безопасности, Интернет и низковольтные интерфейсы для интеграции освещения с другими системами.

Автоматизированные системы управления освещением могут быть проводными или беспроводными. Проводные системы включают в себя центральную панель управления с низковольтной проводкой для подключения компонентов по всему дому. Для беспроводных систем могут потребоваться компоненты центрального управления или они могут быть построены из комбинаций переключателей, диммеров и контроллеров сцен, которые сами по себе являются проводными, но взаимодействуют друг с другом по беспроводной связи. В беспроводных системах команды отправляются либо по радио, либо по линии электропередач. Проводные системы должны быть подключены к дополнительной низковольтной проводке для передачи команд, в то время как беспроводные системы обмениваются данными по беспроводной сети или через существующие линии электропередач.

Основными функциями системы являются программируемое затемнение по запросу и управление включением-выключением для определенных комнат или зон осветительных приборов. Что касается затемнения, основная идея заключается в программировании «сцен» или различных уровней освещенности для приборов в одной или нескольких цепях, которые запоминаются и вызываются нажатием кнопки. Сцены доступны через клавиатуру или контроллер сцен, которые объединяют функцию потенциально нескольких диммеров в одно устройство на стене и могут быть переопределены центральной клавиатурой или контроллером. Сцены могут быть утилитарными (для повседневной жизни) или настроением (для создания желаемой атмосферы).

Например, в радиочастотной системе, когда домовладелец нажимает кнопку на клавиатуре системы, команда на включение света отправляется с помощью радиочастотных сигналов на диммеры и переключатели, назначенные этой кнопке. Как только команда достигает диммера или переключателя и достигается назначенный уровень освещенности, устройство отправляет сигнал подтверждения обратно в систему управления о том, что команда была выполнена правильно.

Для проводной системы, когда домовладелец нажимает кнопку на системной клавиатуре, команда на включение света отправляется по

низковольтным проводам связи на диммеры и переключатели, назначенные этой кнопке, и, в свою очередь, ответ отправляется обратно на контроллер для подтверждения действия.

Лучшая система часто определяется потребностями владельца, бюджетом и возрастом дома. Беспроводные системы предлагают преимущества в ситуациях модернизации, устраняя затраты и неудобства, связанные с прокладкой проводов через стены.

Улучшение образа жизни.

Образ жизни является основным аргументом в пользу потребителей. Автоматизированное управление может повысить комфорт и безопасность.

Во время чрезвычайной ситуации освещение может автоматически активироваться, чтобы осветить выход из дома, его можно запрограммировать на комфорт ребенка в соответствии с детским расписанием». Автоматизированное управление освещением также может обеспечить ощущение театра в доме, создать различные настроения и сцены, активировать наружное освещение во время вторжения, чтобы отпугнуть грабителей, и позволить домовладельцу выключать освещение во всем доме с помощью одной кнопки.

Система домашней автоматизации может управлять такими системами окружающей среды, как освещение, отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха и жалюзи; системы связи, такие как электронная почта и Интернет; развлекательные системы, такие как стереосистема, телевизор, видеомагнитофон/DVD и стереосистема; и системы безопасности, такие как сигнализация, контроль доступа и видеонаблюдение. С помощью системы домашней автоматизации можно управлять освещением, термостатом, системами безопасности и аудио/видео системами с одной клавиатуры.

Заключение

Системы автоматизации освещения часто интегрируются в системы домашней автоматизации. Освещение является неотъемлемой частью создания правильного настроения в пространстве и в сочетании с другими элементами дизайна интерьера дома, может создать привлекательную эстетику. Опыт проектирования дома является обязательным, когда речь идет о достижении правильного эффекта для автоматизированной схемы освещения.

Литература

1. Автоматизация освещения [Электронный ресурс]/ автоматизация освещения. -Режим доступа:<https://wirenboard.com/ru/pages/lighting/>– Дата доступа: 5.11.2022.
2. Автоматизация освещения [Электронный ресурс]/ автоматизация освещения. -Режим доступа: <https://ap-n.com/avtomatizacija-osveshhenija/>– Дата доступа: 4.11.2022.

УДК 621.311

**ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА
НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА
INFLUENCE OF LED LIGHT SOURCES ON THE HUMAN BODY**

А.В. Кажуро, Д.П. Бортник

Научный руководитель – Т.М. Ярошевич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Kazhuro, D. Bortnik

Supervisor – T. Yaroshevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** рассматриваются вопросы отрицательного влияния светодиодных источников света на организм человека, а также его причины, обусловленные принципом действия и технологией устройства.*

***Annotation:** the issues of the negative impact of LED light sources on the human body, as well as its causes, due to the principle of operation and technology of the device, are considered.*

***Ключевые слова:** Светодиодные источники света, негативное влияние, монокристаллы, кристаллизация, пульсация, свет, светильники, поток, человек, аппарат, волна, влияние, зрение.*

***Keywords:** LED light sources, negative impact, monocrystals, crystallization, pulsation, light, fixtures, flow, person, apparatus, wave, influence, vision.*

Введение

Еще совсем недавно светодиодные источники света были новинкой техники, а сейчас светодиодное освещение широко распространено и используется во всех сферах жизни: светодиодные фонари встречаются не только в крупных городах, большое количество офисных помещений, гостиниц и административных зданий освещаются светодиодными источниками света.

Основная часть

Составными частями большинства светодиодных ламп являются: 1) кристаллы светодиодов, являющиеся источником света и располагающиеся на специальной текстолитовой плате; 2) рассеиватель (полусфера для рассеивания света); 3) драйвер, необходимый для выпрямления напряжения при его перепадах; 4) радиатор, который необходим для эффективного отвода тепла от компонентов лампы; 5) цоколь (обеспечение надежного контакта с патроном и предотвращение коррозии). Напряжение на выходе зависит от числа светодиодов и того, по какой схеме они включены. Для равномерного распределения света по всей площади используется рассеивающая колба, которая также выполняет функцию защиты от различных повреждений.

Кристалл полупроводника физически способен излучать свет лишь одной определенной длины волны (один цвет, но почти любой из видимого диапазона). Люминофор используется в качестве покрытия, которое наносится на кристаллы для получения белого цвета. Также для этих целей используются светодиоды нескольких цветов (комбинированные).

Монокристаллы выращивают из расплава. В тигель из тугоплавкого материала загружают шихту – поликристаллический кремний. Туда же добавляют легирующие присадки: бор, фосфор и другие элементы, которые определяют будущий тип проводимости кремния. Для расплавления шихты используют нагреватели сопротивления. Система экранов обеспечивает заданное распределение температуры в зоне кристаллизации. Над тиглем помещают затравку – небольшой монокристалл кремния с заданной ориентацией. В рабочей камере создают требуемый вакуум. Защитную среду образует инертный газ — аргон. Объем газа контролируют расходомером. Обязательна охлаждающая система. Температура плавления шихты равна 1420 градусов по Цельсию. Тиглю и затравке придают вращательное движение для того, чтобы направить имеющиеся в расплаве примеси от центра к периферии и получить слиток цилиндрической формы. Затравку медленно поднимают, вытягивая из расплава формирующийся монокристалл. Слиток приобретает такую же ориентацию, как и затравка.

Особо чистые монокристаллы кремния получают методом зонной плавки. Слиток нагревают высокочастотным индуктором. Плавку ведут в вакууме или в атмосфере инертного газа. Узкая зона расплава медленно перемещается вдоль оси слитка, оттесняя примеси к верхнему его концу. Загрязненные примесями участки слитка потом отрезают. Современная микроэлектроника допускает наличие примесей не более 10^{-9} степени частиц на единицу объема. Погрешность и формы слитка исправляют калибровкой на круглошлифовальном станке. Слиток при выращивании получает ориентацию с некоторым отклонением от заданного кристаллографического направления. Его уточняют с помощью установки рентгеновского ориентирования. После этого на торце слитка проводят контрольную риску, определяющую положение базовой плоскости. Базовую плоскость слитка получают на плоскошлифовальном станке. Она служит основанием для точной установки слитка для последующей резки.

Светодиодные источники света имеют определенные преимущества по сравнению с другими видами ламп:

- Достаточно высокая отдача света (30%).
- Экономичность.
- Долгий срок службы.
- Возможность включения мгновенно.
- Возможность безопасной эксплуатации и утилизации.

Однако, имеются некоторые недостатки:

- Дороговизна.
- Мерцание, несущее пагубное влияние для здоровья человека.
- Наличие понижающего преобразователя. Это является причиной ещё большего возрастания стоимости изделия.
- Большое количество бракованной продукции.

Свет представляется в качестве волны, которая переносит электромагнитные колебания, либо в качестве фотонов. Скорость света выше в пространстве без препятствий для него (пустом). Если свет проходит сквозь какое-то прозрачное вещество (например, воду), то электрическое поле потока

не успевают раскачать ядра атомов и электроны их внутренних оболочек. Такое движение вызывает реакцию электронов, которые недостаточно сильно удерживаются ядрами (внешних). В то же время электроны повторяют движение волны света, при этом испуская свет. Длина волны и направленность света такие же, как и у падающего излучения. Затем эти волны суммируются. Однако результирующая волна оказывается медленнее первичной. Замедление волны является одной из причин колебаний светового потока.

При переменном напряжении будут присутствовать пульсации излучаемого света, связанные с постоянными перепадами напряжения.

Также пульсации возникают при неисправности лампы.

Пульсация светового потока характеризует искусственное освещение и его источники. Она показывает, насколько качественный источник (определение частоты пульсаций).

Пульсации в лампах – это изменения потока света с такой частотой, которая вдвое больше, чем частота электрической сети (пульсации возможны также с частотами 50, 200, 300 Гц).

Сами колебания по своей сути напоминают гармонические (физическая величина изменяется с течением времени синусоидально или косинусоидально).

Существует специальный показатель, определяющий пульсации – коэффициент пульсации (Кп).

По ГОСТ 33393-2015 коэффициент пульсации вычисляется:

$$K_{\text{п}} = \frac{E_{\text{макс}} - E_{\text{мин}}}{2 \cdot E_{\text{ср}}} \cdot 100, \quad (1)$$

где $E_{\text{мин}}$, $E_{\text{макс}}$, $E_{\text{ср}}$ – минимальное, максимальное и среднее значение освещенности.[2]

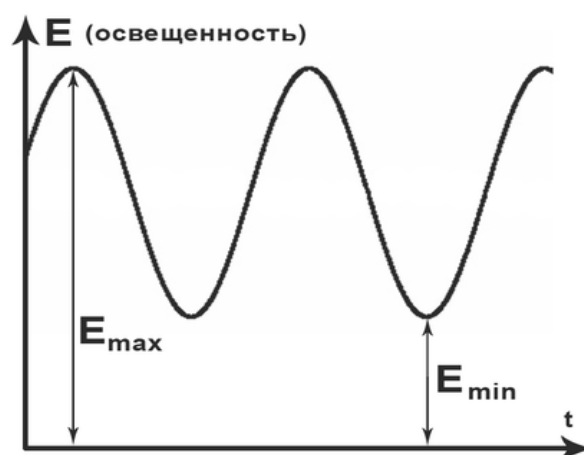


Рисунок 1 – Пульсация освещенности во времени

Пульсации света несут два вида опасностей для человека:

- стробоскопический эффект;
- влияние на аппарат зрения.

При стробоскопическом эффекте представляется, что предметы, которые вращаются, кажутся неподвижными. Данный эффект опасен и приводит к

травматизму на производстве с тяжелыми последствиями. Для его устранения на производствах близкие друг к другу светильники подключают к различным фазам сети. Фазы сдвигаются на 120 градусов. Минимумы и максимумы потока не совпадают во времени. За счет этого пульсации значительно уменьшаются. Стробоскопический эффект перегружает аппарат зрения. При величине пульсаций 40% и выше достаточно около 1-2 минут, чтобы человек почувствовал его влияние на организм. Мозг уже перестает справляться с поступающей информацией. Зрительный аппарат переутомляется, так как мозг расходует много ресурсов, чтобы исправить информацию, которая поступает в зрительный аппарат. [3]

Если в этой информации присутствует пульсация, то происходит воздействие на глазную сетчатку. Информация поступает в зрительный тракт, затем в первичной зрительной коре происходит анализ. В итоге легко описать характер информации и то, как она была получена: контраст изображения, цвета, яркость, наличие или отсутствие пульсации. Если параметры изображения не устраивают мозг человека, то происходит невольное приспособление к восприятию.

Доказано, что человеческий мозг и его аппарат зрения также реагирует на изменения зрительной информации до частоты 300 Гц. В этом случае свет, который попал в глаз, проходит к супрахиазматическим клеткам и паравентрикулярным ядрам гипоталамуса, а также к шишковидной железе. Это влияет на наш гормональный фон, циркадные ритмы, работоспособность, энергичность.

Пульсации, превышающие частоту 300 Гц, не производят какого-то заметного влияния на организм человека, так как сетчатка глаза перестает реагировать на слишком интенсивные изменения светового потока.

Если рассматривать светильники с точки зрения создающих ими пульсаций светового потока, то можно выделить:

- светильники с пульсациями менее 5% (высокое качество). Такие светильники не перегружают аппарат зрения (нет стробоскопического эффекта);
- светильники с пульсациями 5% -20% (качество удовлетворительное). Такие светильники немного перегружают аппарат зрения, но это не критично;
- светильники с пульсациями 20%-40% (качество низкое). Такие светильники способны вызывать плохое самочувствие (усталость, головокружение, повышение артериального давления);
- светильники с пульсациями выше 40% (качество недопустимо низкое).

Происходит сильное воздействие на зрительный аппарат человека. [4]

Заключение

Светодиодные источники света являются весьма многофункциональными, и имеют ряд достоинств, среди которых основными можно выделить экономичность и долговечность. Однако, ввиду их строения, они имеют ряд показателей, негативно влияющих на жизнедеятельность и организм человека. По этой причине такие нормативные акты, как СН 2.04.03-2020 “Естественное и

искусственное освещение”[1], СанПиН от 28.06.2013 № 59“Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами”[5], ТКП-45-2.04-153-2009, ограничивают сферы использования данных источников света

Литература

1. Естественное и искусственное освещение: СН 2.04.03-2020. – Введ. 24.03.21(с отменой на территории РБ ТКП 45-2.04-153-20 (02250)).– Минск :РУП Стройтехнорм, 2021. – 63 с.
2. Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности: ГОСТ 33393-2015. – Введ. 01.01.2017.– 12 с.
3. Пульсации ламп [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://electromontaj-proekt.ru/nashi-stati/proektirovanie/pulsacii-lamp/>. – Дата доступа 20.10.2022.
4. Пульсации освещённости и яркости [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ekosf.ru/stati/pulsacii/>. – Дата доступа 20.10.2022.
5. Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами: СанПиН от 28.06.2013 № 59. – Введ. 22.07.13(с отменой на территории РБ СанПиН 9-131 РБ 2000). – Минск: Республиканский научно-практический центр гигиены, 2013. – 28 с.

СЕКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ВАРИАНТЫ РЕКОНСТРУКЦИИ КОТЕЛЬНОЙ «НЕМАН»

Т.А. Сиваков, А.В. Букатый, А.П. Севастьян
Научный руководитель – И.Н. Прокопеня, старший преподаватель

МОДЕРНИЗАЦИЯ МИНСКОЙ ТЭЦ-2

Е.А. Сырица
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

МОДЕРНИЗАЦИЯ БОЙЛЕРНОЙ ЗПТН ОАО «СВЕТЛОГОРСКИХИМВОЛОКНО»

Н.С. Покровский, А.П. Севастьян
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

МОДЕРНИЗАЦИЯ СЕВЕРНОЙ МИНИ-ТЭЦ Г. ГРОДНО

В.В. Ефименко, А.А. Сотникова, Я.С. Яцухно
Научный руководитель – А.А. Бобич, к.т.н., доцент

ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОКОТЛОВ НА РУП «БРЕСТЭНЕРГО»

В.С. Матерн, М.В. Лесь
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

ФИЛИАЛ РУП «МИНСКЭНЕРГО» ЖОДИНСКАЯ ТЭЦ

Д.С. Савич
Научный руководитель – И.Н. Прокопеня, старший преподаватель

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАРОПРОВОДА ОТ МИНИ-ТЭЦ ДО ФИЛИАЛА «ЗАВОД ЖБК Г. МОЛОДЕЧНО»

М.В. Рынкевич, К.А. Галишева, Н.Р. Деркач
Научный руководитель – А.А. Бобич, к.т.н., доцент

РЕКОНСТРУКЦИЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ТЭЦ-1

П.А. Брилёв
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

ВИМ-ПРОЦЕСС ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

И.Ю. Садовский
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЗУТНОГО И ГАЗОВОГО ТОПЛИВА НА МТЭЦ-3

Н.О. Соловьёв, И.О. Аликевич, Е.С. Вежновец
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

ПАРОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА С ВНУТРЕННЕЙ ГАЗИФИКАЦИЕЙ

М.А. Заруба, С.В. Войтова, М.И. Веропотвельян
Научный преподаватель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

ПИКОВО-РЕЗЕРВНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК

Д.С. Шулепов
Научный преподаватель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

ВНЕДРЕНИЕ НОВОГО ТУРБОАГРЕГАТА НА МИНСКУЮ ТЭЦ-3

К.О. Клименков, Д.В. Глинкин, Р.А. Тиунчик
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

ПРОБЛЕМЫ ВВОДА АЭС В ЭНЕРГОСИСТЕМУ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Н.В. Лях, Д.Н. Машаро
Научный руководитель – И.Н. Прокопеня, старший преподаватель

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПАРОВОГО КОТЛА Е-1,0-0,9Г-3

А.И. Побережнюк
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ. БИОГАЗ

К.В. Насенник, Д.К. Цвирко
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПАРА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЧНД ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ

Е.А. Шепко, К.А. Войтик, В.А. Вирко
Научный руководитель – З.Б. Айдарова, старший преподаватель

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОГО ПУНКТА

Н.С. Мысливец
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

АБСОРБЦИОННАЯ ХОЛОДИЛЬНАЯ МАШИНА

К.И. Пеньковский
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

И.А. Цветков
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО-СУШИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЗСК-100Ш

И.В. Василевский
Научный руководитель – А.А. Бобич, к.т.н., доцент

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

А.С. Дудинец, М.П. Кузьмич, И.Д. Пашкевич
Научный руководитель – М.И. Позднякова, старший преподаватель

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ МНОГОКВАРТИННЫХ ДОМОВ

М.Б. Перехвал

Научный руководитель – И.Л. Йокова, к.т.н., доцент

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ

А.В. Чешун, В.М. Терехович

Научный руководитель – И.Н. Прокопеня, старший преподаватель

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА САХАРА НА ПРИМЕРЕ ЖАБИНКОВСКОГО САХАРНОГО ЗАВОДА

Д.А. Бабинец

Научный руководитель – А.А. Бобич, к.т.н., доцент

УДК 658.264

**СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ВАРИАНТЫ
РЕКОНСТРУКЦИИ КОТЕЛЬНОЙ «НЕМАН»
CURRENT SITUATION AND OPTIONS
RECONSTRUCTION OF THE BOILER ROOM "NEMAN"**

Т.А. Сиваков, А.В. Букатый, А.П. Севастьян
Научный руководитель – И.Н. Прокопеня, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
Т. Sivakov, A. Bukaty
Supervisor – I. Prokopenya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в работе идет речь о котельной «Неман», ее истории, эффективности работы и модернизации*

***Abstract:** the article deals with the Neman boiler house, its history, efficiency of work and modernization*

***Ключевые слова:** реконструкция, модернизация, тепловая энергия, котел*

***Keywords:** reconstruction, modernization, thermal energy, boiler*

Введение

В современном мире электрическая и тепловая энергия играют очень важную роль. Без этого невозможны никакие технологические процессы, поэтому важно знать, как и где происходит производство этих видов энергии, а также почему необходимо работать над улучшениями оборудования и самих процессов производства энергии. Несмотря на растущую роль электрической энергии в современных технологических процессах, тепловая энергия до сих пор играет значительную роль, поскольку до сих пор большую часть электрической энергии производят путем преобразования тепловой энергии. Соответственно, в обозримом будущем для Республики Беларусь, так и для всего остального мира эффективность выработки тепловой энергии и развитие связанных с ней технологий будет играть важную роль.

Основная часть

Филиал «Лидские тепловые сети» как самостоятельная структурная единица образован 1 января 1990 года приказом ПОЭиЭ «Гродноэнерго». Ранее предприятие входило в состав Гродненских тепловых сетей. В состав филиала входят одна из старейших электростанций Белорусской энергосистемы – Лидская ТЭЦ с присоединенными к ней котельными «Неман» и «Сморгонь», а также район тепловых сетей.

За время существования Лидскими тепловыми сетями руководили Петр Гордеенок (январь 1990 – июль 1998), Иван Некраш (июль 1998 – июль 2001), Виктор Зубрицкий (июль 2001 – октябрь 2005), Юрий Леонов (октябрь 2005 – настоящее время).

Начало истории филиала было положено в 1954-1955 годы, когда поочередно на Лидской ТЭЦ были введены в эксплуатацию 2 котлоагрегата ТП-35, а в 1957 году была введена в эксплуатацию паровая турбина мощностью 6

МВт. Включена в работу тепломагистраль №1 города Лида протяженностью 1,7 километра.

Промышленный микрорайон Лиды назван Индустриальным. Для работающих и строящихся предприятий была возведена котельная, которая в 2002 году была передана на баланс филиала «Лидские тепловые сети» и сохранила название «Неман». С момента передачи на баланс было вложено немало средств для обеспечения ее эффективной и надежной работы. В результате котельная «Неман» способна качественно обеспечить нужды отопления и горячего водоснабжения активно строящихся объектов жилищного сектора и социальной сферы микрорайона Индустриального. [1]

В таблице 1 перечислено основное оборудование котельной «Неман». [2]

Таблица 1 – Основное оборудование котельной «Неман»

Наименование оборудования	Тип	Кол-во	Характеристика
Паровой котлоагрегат № 1, 2	ДКВР-10/13	2	D=10 т/ч, p=0,8МПа
Водогрейный котел ст. № 3	ДКВР-10/13	1	Q=6,2 Гкал/ч
Водогрейный котел ст. № 4	КВГМ-50	1	Q=50 Гкал/ч
Деаэратор питательный	ДА-50	1	V=15 м ³
Деаэратор подпитки теплосети	ДА-100	1	V=25 м ³
Сетевой насос ст. № 1, № 2	Д630-90А	1	Q=575 м ³ /ч, H=74 м
Сетевой насос ст. № № 3	Д320-50	1	Q=320 м ³ /ч, H=50 м
Сетевой насос ст. №№ 5,6,7	Д630-90	3	Q=630 м ³ /ч, H=90 м
Питательный насос с РЭП	ЦНСГ 38-198	1	Q=38 м ³ /ч, H=165 м
Питательный насос с РЭП	ЦНСГ 60-198	2	Q=60 м ³ /ч, H=165 м
Рециркуляционный насос	НКУ-250	3	Q=250 м ³ /ч, H=32 м
Рециркуляционный насос с РЭП	Wilo IL-100/370-18	1	Q=60 м ³ /ч, H=43 м
Подпиточный насос №№ 2,3	NB 32-125/142	2	Q=32 м ³ /ч, H=30 м
Подпиточный насос №№1,4	K45-30	2	Q=45 м ³ /ч, H=30 м
Сепаратор непрерывной продувки		1	
Охладитель выпара	ОВА-2	2	
Водяной подогреватель химочищенной воды		1	
Паровой подогреватель химочищенной воды		1	
Подогреватель сетевой воды (ПСВ)		2	2х6,5 Гкал/ч
Подогреватель сетевой воды (ПСВ)	БПСВ	2	2х6,8 Гкал/ч
Повышающие насосы исходной воды №№1,2,3	K90-55	3	
Насос перекачки конденсата №№ 1,2	BK5/24	2	
Насос перекачки конденсата №№ 3,4	K90/55	2	
Насос подачи солевого раствора на фильтры	X50/32	1	
Насос мазутный основной	A1 3B16/25-20/25Б	3	
Насос мазута рециркуляционный №№ 1,2	5НКЭ-5-1	2	
Насос мазутный, перекачивающий №№ 1,2	6НКЭ-9-1	2	

В таблице 2 представлен состав и основные технические характеристики котлов котельной «Неман». [2]

Таблица 2 – Технические характеристики котлов котельной «Неман»

Характеристика	Размерность	Паровые котлы		Водогрейные котлы	
		ДКВР-10/13	ДКВР-10/13	ДКВР-10/13	КВГМ-50-150
Марка котла		ДКВР-10/13	ДКВР-10/13	ДКВР-10/13	КВГМ-50-150
Станционный номер		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Вид основного топлива (резервного)		Газ (мазут)	Газ (мазут)	Газ (мазут)	Газ (мазут)
Номинальная паропроизводительность	т/ч	10	10	-	-
Номинальная теплопроизводительность	Гкал/ч	5,6	5,6	6,2	50
КПД котла (брутто) при работе на природном газе в указанном диапазоне регулирования	%	80,5-91,3	86,3-92,1	92,0-93,9	91,45-93,45

Электроснабжение котельной «Неман» осуществляется от встроенной трансформаторной подстанции ТП-7 (ТП-150), подключенной от двух независимых источников:

- Ввод 1 – фидером № 594 от 1-ой секции 10 кВ ПС 110/10 кВ «Заводская»;
- Ввод 2 – фидером № 599 от 2-ой секции 10 кВ ПС 110/10 кВ «Заводская» и от подстанции ПС 110 кВ «КСМ» через ТП-156.

Электроснабжение потребителей собственных нужд паровой котельной и водогрейного котла ДКВР-10/13 ст. № 3 осуществляется от распределительных устройств РУ-1 и РУ-2 встроенной трансформаторной подстанции ТП-1.

В ТП-1 установлены:

- Силовые масляные трансформаторы ТСН № 1 и ТСН № 2 типа ТМЗ-400/10;
- Силовая сборка регулируемого электропривода (РЭП) сетевого насоса № 1;
- Шкаф аварийного освещения № 1;
- Шкаф АВР ТП-1;
- МЩ контроля герметичности;
- Шкафы вводов сетевых насосов №№ 1, 2;
- Шкафы сетевых насосов №№ 1, 2;
- Шкафы св2-4, св1-3;
- Распределительный пункт Ш1.

На 2-м этаже здания над ТП-1 располагается помещение ЩСУ со щитами станции управления котлоагрегатов №№ 1,2,3 (всего 10 панелей с габаритными размерами 600x2200x600 мм), а также силовые распределительные шкафы ШР-1, ШР-2 (недействующие), шкаф АРС питательных насосов ПЭН №№ 1, 2, существующие индукционные счетчики активной и реактивной электроэнергии.

Электроснабжение потребителей собственных нужд водогрейной котельной осуществляется от распределительных устройств РУ-3 и РУ-4 встроенной трансформаторной подстанции ТП-7, в которой расположены РУ-10 кВ. В связи с тем, что трансформаторы ТСН №№ 1, 2 в ТП-1 на протяжении длительного времени выведены из работы, электроснабжение потребителей РУ-1 и РУ-2 осуществляется от РУ-3 и РУ-4 через св1-3 и св3-1, св2-4 и св4-2 соответственно. В ТП-7 установлены:

- Силовые масляные трансформаторы ТСН №№ 3, 4 типа ТМЗ-1000/10,
- Распределительные устройства 0,4 кВ РУ-3 и РУ-4,
- Щиты аварийного освещения №№ 2, 3 и щит уличного освещения,
- Распределительный щит освещения и щит освещения дымовых труб,
- Распределительные панели ЩП 0,4 кВ (8 панелей), камеры КСО,
- Щит управления сетевыми насосами №№ 5, 6, 7,
- Индукционные счетчики активной и реактивной электроэнергии.

Существующее РУ-10 кВ ТП-7 водогрейной части котельной «Неман» выполнено по схеме «Одна одиночная, секционированная выключателем, система шин». Секции запитаны от 1-й и 2-й секции шин подстанции ПС «Заводская».

РУ-10 кВ представлено девятью ячейками с масляными выключателями типа ВМП-10. К первой секции подключены трансформаторы собственных нужд напряжением 10/0,4 кВ ТСН-1 и ТСН-3, ко второй секции – ТСН-2 и ТСН-4. Подвод питания к трансформаторам с/н от ячеек 10 кВ выполнен кабелем. [2]

На рисунке 1 представлен годовой отпуск тепловой энергии потребителям с паром и сетевой водой за 2018-2020 года. [2]

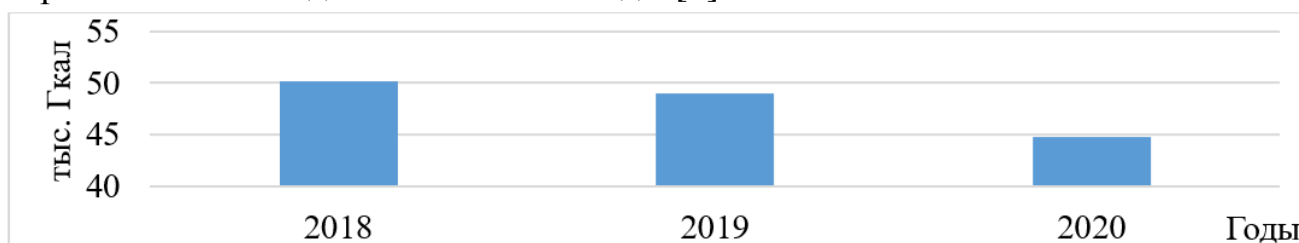


Рисунок 1 – Отпуск тепловой энергии с паром и сетевой водой за 2018-2020 года

На рисунке 2 представлено годовое потребление электроэнергии на собственные нужды на КЦ «Неман» за 2018-2020 года. [2]

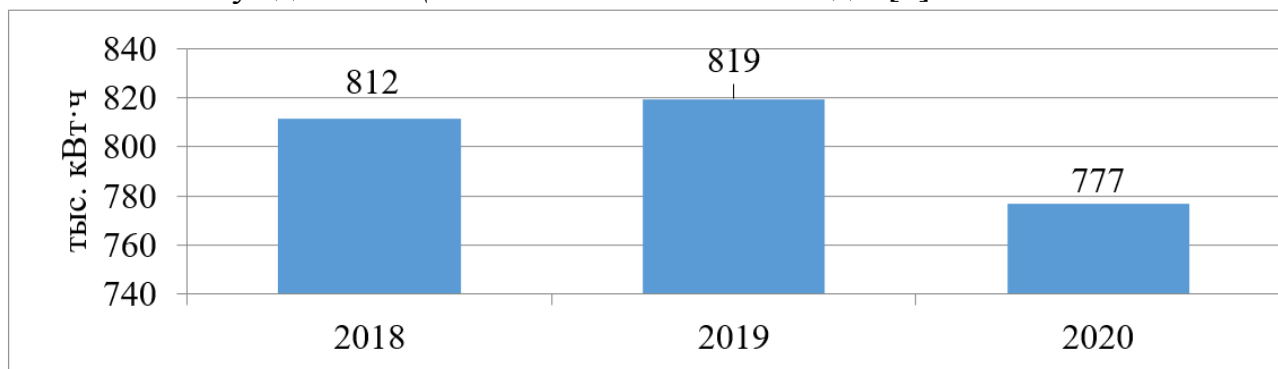


Рисунок 2 – Годовое потребление электроэнергии на собственные нужды за 2018-2020 года

Поскольку в Республике Беларусь существуют различные государственные программы по повышению энергоэффективности и снижения потребления

топливно-энергетических ресурсов, например, «Энергосбережение». В рамках данных программ осуществляется модернизация и реконструкция различных объектов, в том числе энергетики.

В проекте для котельной «Неман» рассматривалась техническая возможность и экономическая целесообразность проведения комплексной реконструкции по направлениям [2]:

- Ликвидация оборудования паровой части с демонтажем существующих паровых котлов ДКВР-10/13 ст. №№ 1, 2 и котла ДКВР-10/13 ст. № 3 (после отработки срока амортизации), переведенного в водогрейный режим, демонтаж вспомогательного оборудования) с установкой новых водогрейных котлов в комплекте с конденсационными экономайзерами, вакуумного деаэратора и другого вспомогательного оборудования;
- Перевод паровых котлов ДКВР-10/13 ст. №№ 1, 2 в водогрейный режим;
- Установка водогрейных и паровых электродкотлов;
- Установка паровых котлов на торфе
- Установка водогрейных котлов на щепе;
- Оптимизация хозяйства резервного топлива (мазута).

В качестве резервного топлива на котельной «Неман» предусмотрен мазут, который на протяжении долгих лет не сжигался в котлах из-за отсутствия необходимости, что приводит к весьма существенным затратам тепловой энергии на его подогрев и электроэнергии на его перекачку в отопительный период. Однако подогрев мазута требуется из-за соображений надежности топливоснабжения на объекте. Это обстоятельство также увеличивает затраты на производство тепловой и электрической энергии на источнике.

Предлагаемая комплексная реконструкция с заменой старого оборудования и установкой нового оборудования, а также оптимизация хозяйства резервного топлива (мазута) преследует ряд задач:

- Повышение эффективности использования природного газа за счет повышения коэффициента полезного действия (КПД) котлов;
- Снижение затрат электроэнергии на перекачку мазута;
- Снижение затрат тепловой энергии на подогрев мазута за счет оптимизации мазутного хозяйства по направлениям:
- Замена теплоизоляции на резервуарах хранения мазута на теплоизоляцию с улучшенными характеристиками;
- Применение ступенчатого подогрева мазута, сначала котловой водой, затем электроэнергией с отказом использования пара;
- Строительство нового хозяйства резервного котельно-печного топлива.

После проведения необходимых расчетов по энергетической эффективности, технико-экономических показателей и с точки зрения охраны окружающей среды целесообразными для реализации были рекомендованы варианты с заменой паровых котлов ДКВР-10/13 и ДКВР-10/13, работающего в водогрейном режиме (после отработки срока амортизации), на котлы серии Vitomax 200-LW с конденсационными экономайзерами, что также позволит

демонтировать существующее мазутное хозяйство. Однако, не один из предложенных вариантов не удовлетворяет необходимым срокам окупаемости оборудования, но поскольку при использовании котлов с конденсационными экономайзерами экономия условного топлива достигает до 1,5 тыс. т у.т., то данные варианты были рекомендованы к реализации. [2]

Заключение

На данный момент котельная «Неман» продолжает снабжать тепловой энергией предприятия и жилые дома г. Лида. Однако, для повышения экономичности и эффективности работы необходимо проводить его постоянную модернизацию.

Литература

1. Энергетическая история Лидских тепловых сетей [Электронный ресурс] / От 6 МВт "на пару" до масштабной модернизации в XXI веке. Энергетическая история Лидских тепловых сетей. – Гродно, 2019. – Режим доступа: https://grodnonews.by/news/ekonomika/lidskie_teplovye_seti_opyt_stabilnost_tselestremennost.html. – Дата доступа: 12.07.2022

1. Предпроектная документация КЦ НЕМАН 04 11 2021 по новым замечаниям

УДК 621.31

**МОДЕРНИЗАЦИЯ МИНСКОЙ ТЭЦ-2
MODERNIZATION OF THE MINSK CHP-2**

Е.А. Сырица

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

E. Syrytsa

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: одним из этапов модернизации Минской ТЭЦ-2, является установка электрических котлов. Это позволяет увеличить надежность энергосистемы г.Минска с применением передовых технологий.

Abstract: one of the stages of modernization of the Minsk CHP-2 is the installation of electric boilers. This makes it possible to increase the reliability of the energy system in Minsk with the use of advanced technologies.

Ключевые слова: электрический котел, подогреватель сетевой воды, замкнутый контур, вторичный контур.

Keywords: electric boiler, network water heater, closed circuit, secondary circuit.

Введение

Хорошо развитая энергосистема государства, доступность энергоресурсов, энергетическая надежность и безопасность, являются ключевыми составляющими экономического развития республики. В настоящее время идет строительство Белорусской АЭС, которая по своей конструкции будет состоять из двух энергоблоков ВВЭР-1200 суммарной мощностью до 2400 МВт. Это очень важный для республики стратегический проект, который переносит всю энергетическую сферу на новый уровень. Первый энергоблок с тепловой мощностью 3200 Мвт и электрической мощностью 1170 МВт уже введен в эксплуатацию.

Основная часть

Минская ТЭЦ-2 является основным подразделением Минских тепловых сетей. ТЭЦ работает по температурному графику 130/70 со срезками 68°C при температуре наружного воздуха +2°C и 105°C при температуре наружного воздуха -14°C. Сети теплоснабжения от котельной распространяются в одну сторону до ул. Моголевская, ул. Вокзальная, ул. Фобрицкая, ул. Гебелева, пр.Победителей, ул. Янки Купалы, и в другую по ул. Тростенецкая, пр.Рокоссовского до пересечения с ул. Плеханова. Кроме того она способна передать часть тепловой нагрузки в другие магистральные сети г.Минска, включая ТЭЦ-3.

В рамках второй очереди реконструкция Миской ТЭЦ-2, были демонтированы одни из старейших паровых турбин энергосистемы Беларуси от производителей Škoda и Siemens, которые эксплуатировались более 85 лет. На их место установлено два водогрейных электрических котла ЕТНН20Мд мощностью по 20 МВт каждый, производства шведской фирмы Elpannetekhnik

АВ. Электрокотлы обладают высоким коэффициентом полезного действия из-за особенностей конструкции и передовых технологий в производстве. Они оборудованы современными системами автоматического управления для удобства работы операторов. Их основная цель, это повышения надежности работы основного оборудования Минской ТЭЦ-2 в период похолодания. Электрокотлы работают в паре с водогрейной котельной, в которой установлены три водогрейных котла ПТВМ-100 и один КВГМ-100. Включение в работу электрокотлов осуществляется в ночное время, когда нагрузка на энергосистему снижается.

Котел ЕТНН20Мд представляет собой сварной цилиндрический сосуд с эллиптическими днищами, который является водогрейной камерой. На корпусе котла имеются четыре опоры для крепления к фундаменту, штуцеры для входа и выхода воды из котла, штуцер управления и штуцеры электродов. Для проведения внутреннего осмотра и обслуживания в корпусе имеется люк круглого сечения с откидной крышкой. Также в верхней части корпуса закреплена площадка с ограждениями для удобного доступа и обслуживания электродной группы с управляющим устройством, которые закрыты отдельным кожухом. Для уменьшения тепловых потерь корпус теплоизолирован.

Котел рассчитан на рабочее напряжение 10,5 кВ (с адаптацией мощности возможны напряжения от 6 до 14 кВ).

Основными элементами электрокотельной установки являются:

1. Замкнутый контур электрокотла:
 - Трубопроводы $V=5-5,5 \text{ м}^3$;
 - Два насоса замкнутого контура (один рабочий, второй резервный);
 - Электрокотел;
 - Подогреватель сетевой воды (ПСВ).
2. Установка поддержания давления и подпитки замкнутого контура.
3. Установка дозирования реагента.

В замкнутом контуре вода нагревается в котле. Насос замкнутого контура котла обеспечивает движение горячей воды между котлом и теплообменником. Сетевая вода во вторичном контуре теплообменника поглощает тепловую энергию генерируемую котлом, и затем распределяется в сеть.

Основные технические характеристики электрокотла приведены в таблице 1

Таблица 1 – Основные технические характеристики электрокотла

Наименование параметра	Размерность параметра	Значение параметра
Потребляемая номинальная мощность	МВт	20
Теплопроизводительность номинальная	Гкал/час	17,2
Номинальное напряжение трёхфазной пит. сети	кВ	10,5
Номинальная токовая нагрузка	А	1100
Диапазон регулирования мощности	%	5-100
Температура воды на входе в котёл	°С	90
Температура воды на выходе из котла	°С	120
Рабочее давление в котле	кгс/см ²	5

По своим характеристикам, парная работа примененных на ТЭЦ-2 электрокотлов позволяет обеспечить до 25% потребностей водогрейной

котельной в межотопительном сезоне и до 10% в отопительном, в период максимальных нагрузок, что является существенным и повышает надежность энергосистемы г.Минска.

Заключение

С учетом мировой обстановки в сфере энергоресурсов, развитие атомной энергетики и увеличение потенциала использования электроэнергии является правильным направлением в развитии энергосистемы республики. Это подтверждает эффективность реализованных проектов. С этой целью идет масштабное перераспределение финансов в энергетической сфере на увеличение развития электроэнергетики, что даст возможность проводить дальнейшее переоснащение энергетических объектов.

Литература

1. Инструкция по эксплуатации электродных установок на Минской ТЭЦ-2 с электродными водогрейными котлами ЕТНН20Мд ст. №1 и №2, ГПО электроэнергетики РУП «Минскэнерго» ф-л «Минские тепловые сети».

УДК 62-68

МОДЕРНИЗАЦИЯ БОЙЛЕРНОЙ ЗПТН ОАО
«СВЕТЛОГОРСКХИМВОЛОКНО»
MODERNIZATION OF THE BOILER PLANT OF PTYP OJSC
«SVETLOGORSKKHIMVOLOKNO»

Н.С. Покровский, А.П. Севастьян

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

N. Pokrovsky

Supervisor – T. Petrovskaya, senior lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье идет речь о установке в бойлерной ЗПТН РОУ.

Abstract: the article deals with the installation in the boiler plant of PTYP RCD.

Ключевые слова: РОУ, охлаждение, модернизация, параметры, пар.

Keywords: RCD, cooling, modernization, parameters, steam.

Введение

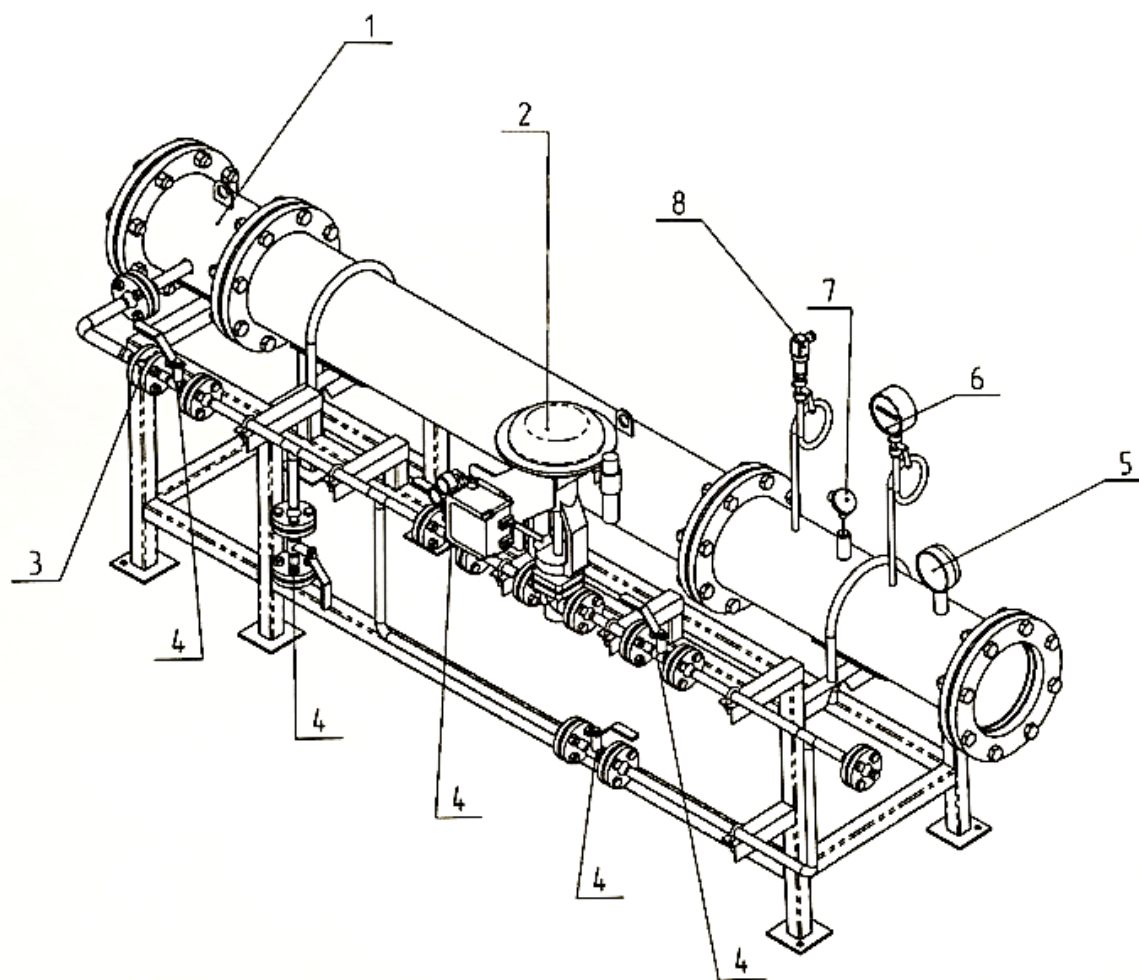
В данной работе рассмотрена модернизация бойлерной завода полиэфирных текстильных нитей (ЗПТН) предприятия ОАО «СветлогорскХимволокно». Модернизация предусматривает установку редуционно-охладительной установки (РОУ).

Основная часть

РОУ – устройство, предназначенное для снижения температуры и давления пара, соответствующих требованиям потребителя. Охлаждение осуществляется за счет впрыска конденсата в поток пара.

Модернизацией предусматривается установка РОУ в бойлерной ЗПТН с целью повышения эффективности нагрева сетевой воды паром. Срок окупаемости проекта 5 лет. В бойлерной будет установлен РОУ – 12 – 0,9/0,4 – 195/155 – У1 изображенный на рисунке 1.

Данная установка позволяет снизить параметры давления с 0,8...1,0 МПа до 0,4 МПа, и температуру с 190...200 °С до 155 °С. Температура и давление пара на выходе с РОУ могут колебаться в пределах 2% от указанных значений и границ диапазона. Давления и температуры сред в РОУ являются постоянно изменяющимися величинами. Основными критериями оценки работы РОУ считается температура пара после охладителя, которая должна превышать температуру насыщения пара на 3...6 °С.



1 – охладитель струйный; 2 – клапан регулирующий с пневмоприводом; 3 – клапан обратный межфланцевый; 4 – кран шаровый фланцевый; 5 – термометр биметаллический; 6 – манометр; 7 – преобразователь температуры; 8 – преобразователь давления
Рисунок 1 – РОУ – 12 – 0,9/0,4 – 195/155 – У1

Заключение

В результате данной модернизации появляется возможность повторно использовать конденсат. Установка РОУ позволяет сэкономить 70 т.у.т. в год. Рассчитанный срок окупаемости установки составляет 5 лет.

Литература

1. Редукционно-охладительные установки / ООО «Промпривод» [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://promprivod.by/produkcija/teploobmennoe-oborudovanie/redukcionno-ohladelnye-ustrojstva>. – Дата доступа: 19.09.2022
2. Структура предприятия // ОАО «СветлогорскХимволокно» [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <http://www.sohim.by/about/struktura/>. – Дата доступа: 24.06.2022

УДК 621.31

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СЕВЕРНОЙ МИНИ-ТЭЦ Г. ГРОДНО
MODERNIZATION OF NORTHERN MINI HEAT POWER PLANT IN
GRODNO**

В.В. Ефименко, А.А. Сотникова, Я.С. Яцухно
Научный руководитель – А.А. Бобич, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
V. Yefimenko, A.Sotnikova, Ya. Yazuchno
Supervisor – A. Bobich, Candidate of Technical Science, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: потребление энергии является обязательным условием существования человечества. Наличие доступной для потребления энергии всегда было необходимо для удовлетворения потребностей человека, увеличения продолжительности и улучшения условий его жизни.

Abstract: energy consumption is a prerequisite for the existence of mankind. The available of energy available for consumption has always been necessary to meet human needs, increase the duration and improve the conditions of his life.

Ключевые слова: тепловая энергия, электрическая энергия, мощность оборудования.

Keywords: thermal energy, electrical energy, power, equipment.

Введение

Северная мини-ТЭЦ входит в состав филиала «Гродненские тепловые сети» РУП «Гродноэнерго» и является одним из основных источников централизованного теплоснабжения северного района г. Гродно.

Северная мини-ТЭЦ создана на базе построенной в 60-70-е годы прошлого века районной котельной, которая в 2001 году, после установки на ней парового турбоагрегата электрической мощностью 3,5 МВт, переведена в категорию мини-ТЭЦ. В целях дальнейшего повышения эффективности производства тепловой и электрической энергии в 2006 году на электростанции была смонтирована когенерационная установка (газотурбинный агрегат электрической мощностью 6 МВт с котлом – утилизатором).

Назначение мини-ТЭЦ – отпуск тепловой энергии с горячей водой для нужд отопления и ГВС части жилищно-коммунального сектора города, прилегающих предприятий промышленного узла и с паром для технологических нужд близлежащих промышленных предприятий, а также отпуска электроэнергии в сеть энергосистемы.

Основная часть

На Северной мини-ТЭЦ установлены три паровых котла типа ГМ-50-14/250 ст.№4,6,8.

Котел типа ГМ-50-14 производительностью 50 т/ч предназначен для получения перегретого пара с температурой 250⁰С. Котлоагрегат – двухбарабанный, с естественной циркуляцией, выполнен по П-образной схеме с

отдельно вынесенным водяным экономайзером. Топочная камера объемом 133 м³ полностью экранирована.

Трубы фронтального и заднего экранов в нижней части образуют двухскатный наклонный под. Трубы боковых экранов в верхней части образуют потолок топки. Газомазутные горелки расположены по две на боковых стенках топки.

Установленная электрическая мощность мини-ТЭЦ на 01.01.2022 составляет 9.5 МВт, установленная тепловая мощность котлоагрегатов – 250,6 Гкал/ч с учетом мощности котла-утилизатора.

В составе мини-ТЭЦ эксплуатируются паротурбинная и газотурбинная группы оборудования, а также пиковые водогрейные котлы.

Потребителями пара являются ОАО «Белкард» и ОАО «Гронитекс». Пар отпускается по паропроводу Ду 200 мм на ОАО «Белкард» и Ду 500 мм на ОАО «Гронитекс». Общая протяженность паропроводов составляет около 2 км. Загрузка паропроводов составляет 5-15% от их проектной пропускной способности.

Основным оборудованием газотурбинной части ТЭЦ является газотурбинная электростанция ЭГ 6000Т-Т10500-3ВНМ1УХЛ/1 с генератором типа ТК-6-2РУХЛЗ (ГТУ) и котел-утилизатор типа КУП-12,5-1,4-280, предназначенный для выработки перегретого пара и нагрева сетевой воды. Прошедшие через КУ продукты сгорания отводятся в индивидуальную металлическую дымовую трубу высотой 25 м.

Основной вид топлива на Северной мини-ТЭЦ – природный газ, резервное топливо – мазут. Мазутное хозяйство включает приемно – сливное устройство, пять резервуаров для хранения мазута.

Система теплоснабжения закрытая, регулирование отпуска теплоты с сетевой водой качественно-количественное, по температурному эксплуатационному графику 110/65⁰С с верхней срезкой 96⁰С. В среднем зимнем режиме температуры прямой и обратной сетевой воды составляют – 66/45⁰С.

На период до 2035 года планируется расширение зоны теплоснабжения Северной мини-ТЭЦ, что повлечет за собой увеличение тепловых нагрузок на источник с соответствующим ростом расхода сетевой воды.

Водное хозяйство Северной мини-ТЭЦ представлено системами хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения, а также двумя системами водоотведения – хозяйственно-бытовых и промышленно-ливневых вод.

В настоящее время на предприятии эксплуатируется объединенная система производственно-противопожарного водопровода, обеспечивающая производственные нужды установленного оборудования и пожарные нужды зданий и сооружений, включая мазутное хозяйство.

ТЭЦ не имеет собственной водоподготовительной установки. Химочищенная вода поступает с ХВО предприятия «Гронитекс» и используется для подпитки теплосети, восполнения невозврата конденсата от потребителей пара, внутростанционных потерь пара и конденсата.

Существующая система водоснабжения на мини-ТЭЦ предусматривает возможность уменьшения потребления воды за счет ее повторного использования на технологические нужды котельного отделения для подпитки тепловых сетей. В сумме объем повторного использования воды составляет примерно 22% от общего водопотребления на технологические нужды предприятия.

Фактические максимальные нагрузки в последние годы не превышали 100-110 Гкал/ч при расходах сетевой воды зимой 2700-3400 т/ч, а в межотопительный период 800-1700 т/ч. Ожидается некоторое увеличение отпуска тепла в сетевой воде за счет нового строительства.

Разработана программа реконструкции Северной мини-ТЭЦ на период 2021 – 2025 гг. с перспективой до 2030 года с целью повышения надёжности и экономичности работы основного технологического и вспомогательного оборудования, поддержания качественного теплоснабжения потребителей в условиях подключения нагрузки нового строительства жилых микрорайонов зоны теплоснабжения Северной мини-ТЭЦ и с учетом ввода в постоянную эксплуатацию Белорусской АЭС. Данная программа выполнена на основе проведённых анализов технического, физического и морального состояния основного и вспомогательного оборудования, с учётом изменения перспективных тепловых нагрузок в паре и сетевой воде на рассматриваемый период.

Заключение

Планируемый ввод в постоянную эксплуатацию 2-х блоков Белорусской АЭС окажет значительное влияние на режимы работы основного оборудования Северной мини-ТЭЦ.

Литература

1. Кобевник В.Ф. Охрана труда / В. Ф. Кобевник // Киев, высшая школа - 1990. - 286 с.
2. Котел ГМ-50-14/250. Режим доступа: [http://invest.ru/catalog/vodogreynye_kotly/kotly-ptvm/ptvm-50/]. Дата доступа: [12.07.2022]
3. Котел ПТВМ-50. Режим доступа: [http://invest.ru/catalog/vodogreynye_kotly/kotly-ptvm/ptvm-50/]. Дата доступа: [12.07.2022]
4. Котел КВГМ-50. Режим доступа: [<https://bigkotel.ru/vidy-kotlov/harakteristiki-kotla-kvgm-50/>]. Дата доступа: [12.07.2022]
5. БелТЭИ. Режим доступа: [<https://beltei.by/>]. Дата доступа: [12.07.2022]

УДК 62-69

**ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРОКОТЛОВ НА РУП «БРЕСТЭНЕРГО»
INTRODUCTION OF ELECTRIC BOILERS AT RUE "BRESTENERGO"**

В.С. Матерн, М.В. Лесь

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

V. Matern, M. Les

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье показан принцип работы электро котла, а также его преимущества и недостатки по сравнению с традиционным водогрейным котлом на газо-мазуте.

Abstract: the article shows the principle of operation of an electric boiler, as well as its advantages and disadvantages in comparison with a traditional gas-fuel oil hot water boiler.

Ключевые слова: котельная, сжигание топлива, модернизация, характеристики и устройство котлов, электрокотел.

Keywords: boiler plant, fuel combustion, modernization, characteristics and arrangement of boilers, electric boiler.

Введение

В 21 веке люди всё чаще сталкиваются с экологическими проблемами, связанными со сжиганием топливных продуктов. Функционирование топливно-энергетического комплекса приводит к следующим основным экологическим проблемам [1]:

- выбросам парниковых газов;
- загрязнению воздуха частицами пыли, твердыми и жидкими отходами;
- тепловому загрязнению окружающей среды.

Для примера рассмотрим **РУП «Брестэнерго»**, в состав которого входят:

- 7 электростанций с установленной электрической мощностью 1159 МВт, в том числе 3 ГЭС 0,38 МВт;
- 3 крупных котельных, на которых установлены котлоагрегаты с суммарной мощностью более 900 Гкал/час, суммарная тепловая мощность 2564,47 Гкал/час.

На данный момент брестские котельные проходят модернизацию – замену устаревшего оборудования на новое. Котлоагрегаты, которые работают на котельных и ТЭЦ были установлены в 1958 г. и 1973 г. В 2020 году была выполнена установка электрокотлов: Восточной районной котельной №2 в г. Брест; Южной районной котельной в г. Брест; Западной мини-ТЭЦ в г.Пинск; Березовской ГРЭС в г. Белоозерск.

Были установлены электрокотлы Zeta ZVP 2840 мощностью 40 МВт, изготовленных шведской компанией Zander & Ingeström. Котлы предназначены для потребления избытка электрической мощности в энергосистеме в период ночного провала нагрузок, который возникает после ввода в эксплуатацию

первого энергоблока Белорусской АЭС. Особенностью эксплуатации водогрейных котлов ZVP-2840 является соблюдение жестких требований к качеству нагреваемой в них воды и поддержание требуемой электропроводности в пределах 80 мкСм, так как этот показатель напрямую влияет на их теплопроизводительность. Далее речь пойдет именно об этом оборудовании.

Электродный водогрейный (электрокотел) является котлом проточного типа. В качестве теплоносителя используется химически подготовленная вода. В рабочем состоянии внутренний объем котла полностью заполнен водой [2].

В котле при прохождении электрического тока через воду между электродами вода нагревается, за счет её электрического сопротивления. Количество электрической энергии преобразуемой в тепловую в единицу времени зависит от площади поверхности нулевых фазовых электродов через которую может проходить электрический ток. Для осуществления управления производительностью котла регулирующие заслонки, из изоляционного материала, размещенные между фазовыми электродами и электродами нулевой точки на подвижной корзине, перемещаясь изменяют рабочую площадь электродов тем самым изменяя мощность. Котел спроектирован так, что максимальная производительность достигается, когда регулирующие экраны находятся в крайне нижнем положении (при этом электроды полностью открыты), а температура воды на выходе из котла составляет 115 °С. При подъеме управляющих экранов в крайнее верхнее положение (при этом фазовые электроды полностью закрыты) течение электрического тока между электродами, а следовательно и нагрев воды практически прекращаются.

Регулирование производительности котла можно осуществлять и за счет изменения кондуктивности воды. Если производительность становится слишком высокой, часть воды необходимо слить в дренаж, чтобы уменьшить кондуктивность (токопроводность). Если производительность слишком низка, необходимо произвести добавление в воду химических веществ увеличивающих кондуктивность (токопроводность). Добавление осуществляется дозирующим оборудованием. При условии комплектации котла соответствующим оборудованием процессы слива и дозирования производятся системой автоматического управления (САУ). Схема электродного водогрейного котла представлена на рисунке 1.

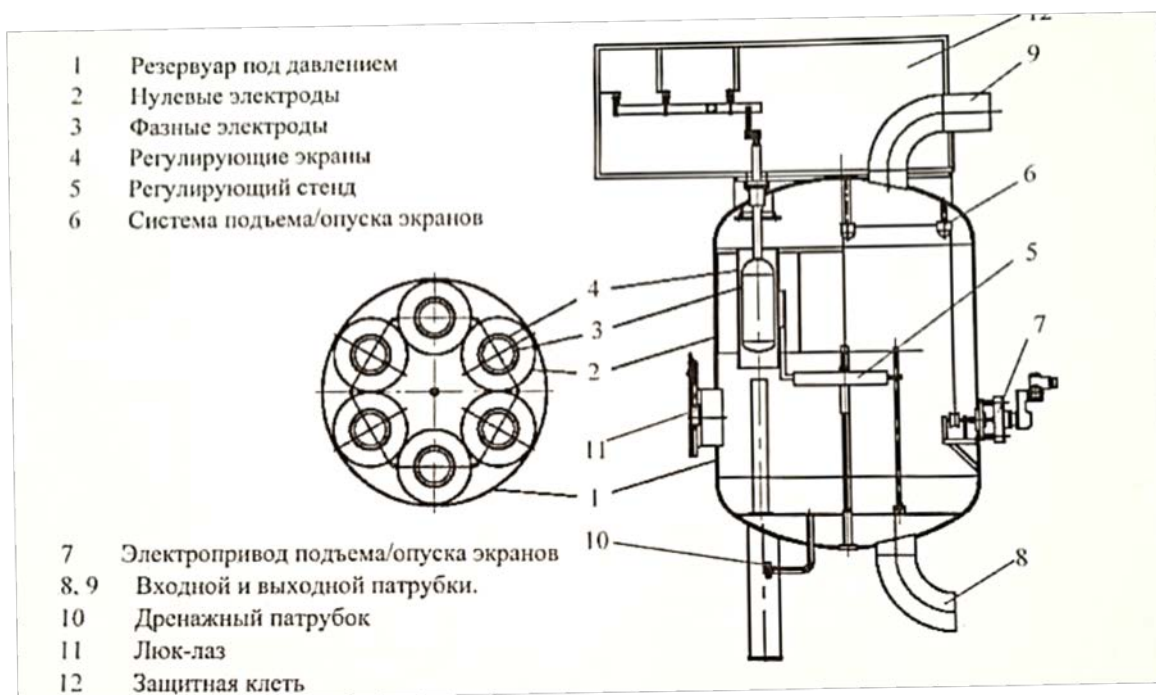


Рисунок 1 – Основные части электродного водогрейного котла

Заключение

По сравнению с котлами на других видах топлива, электродкотлы бесшумны, компактны и дешевы. Они не требуют специально отведенного места и оборудования для хранения топлива. Подключение электродкотлов намного проще. Электродные котлы проще в эксплуатации, не создают вредных выбросов и не нуждаются в постоянной чистке, обслуживании и регулярной закупке топлива. Так как котел не производит дымовые газы то и в установке дымовой трубы нет необходимости. Однако у него есть зависимость от стабильного наличия электричества и высокие требования к качеству и надежности электрической проводки. Также высокие требования предъявляют к очистке воды и её химической обработке. И не стоит забывать о высокой стоимости электроэнергии.

Литература

1. Сидельковский, Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий : учебник для вузов / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юренев –Изд. 3-е, перераб. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 528 с.
2. Деев, Л. В. Котельные установки и их обслуживание : практ. пособие для ПТУ / Л. В. Деев, Н. А. Балахничев. – М. : Высшая школа, 1990. – 239 с.

УДК 621.311.22

**ФИЛИАЛ РУП «МИНСКЭНЕРГО» ЖОДИНСКАЯ ТЭЦ
BRANCH OF THE RUE «MINSKENERGO» ZHODINO TPP**

Д.С. Савич

Научный руководитель – И.Н. Прокопеня, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D. Savich

Supervisor – I. Prokopenya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье представлен обзор на предприятие энергетической отрасли РБ «Жодинская ТЭЦ», где представлена информация об истории станции, её технологическая схема и мнение автора о данном предприятии.

Abstract: the article provides an overview of the enterprise of the energy industry of the Republic of Belarus "Zhodino TPP", which provides information about the history of the station, its technological scheme and the author's opinion about this enterprise.

Ключевые слова: практика, котёл, турбина, Жодино, энергия, работа, пар, предприятие, снабжение.

Keywords: practice, boiler, turbine, Zhodino, energy, work, steam, enterprise, supply.

Введение

Жодинская ТЭЦ занимается круглогодичным обеспечением местных потребителей тепловой энергией и производит электрическую энергию в отопительный период года.

История предприятия берёт начало в конце 30-х годов прошлого века, когда был заложен проект этой станции под названием Смолевичская ГРЭС. В 1947 году началось её строительство, в это же время в Жодино начиналось возведение автомобильного завода, которому требовалось энергообеспечение.

Уже 30 ноября 1951 года был успешно включён турбогенератор № 1 мощностью 18 МВт в параллельную работу с энергосистемой. Этот день считается официальной датой рождения электростанции.

Смолевичская ГРЭС стала первой электростанцией высокого давления в Белорусской энергосистеме и с 1952 года безаварийно обеспечивала электроэнергией народное хозяйство республики и её столицу Минск.

Развитие Жодино потребовало его снабжение горячей водой и паром, поэтому в 1961 начался процесс теплофикации города, с тех пор сделав ТЭЦ единственным источником теплоснабжения капитальной застройки и других местных потребителей.

Современное название станция получила в 1979 году. На сегодняшний день на балансе предприятия числится Борисовская ТЭЦ и котельные, практически целиком обеспечивающие теплоснабжение Борисова.

Основная часть

Жодинская ТЭЦ по технологической структуре относится к электростанциям с поперечными связями, что определяется наличием общих коллекторов питательной воды, пара и конденсата.

Техническое водоснабжение ТЭЦ осуществляется от береговой насосной станции (БНС) сырой водой из водоёма реки Плиса и обеспечивает охлаждение подшипников всех вращающихся механизмов, пробоотборников для химцеха, охлаждение эжекторов турбин, газоохладителей.

Топливное хозяйство станции включает в себя газовое и мазутное хозяйство, склады древесного топлива и торфобрикетов. Природным газом предприятие обеспечивается через станционный газорегуляторный пункт и газораспределительную станцию, а твёрдое топливо привозится грузовым автотранспортом. При этом мазут находится в резерве и мало используется, на станции имеются его запасы 2008 года поставки, которые в свою очередь требуют поддержания в виде расхода пара в холодные времена года.

Тепловая схема ТЭЦ имеет два технологических цикла 1,6 МПа (I очередь) и 9,8 МПа (II очередь).

Первую очередь низкого давления образуют два паровых котла типа ГМ-50-14 ст. №№ 2,5. У этих котлов паропроизводительность составляет 50 т/ч, температура питательной воды – 104 °С, основным топливом для них выступает газ, а резервным – мазут, КПД брутто на газе составляет 93 %.

Пар после котлов первой очереди и после котлов второй очереди в межотопительный период через редуционно-охладительные установки (РОУ) может подаваться внешним потребителям пара и на бойлеры теплосети, испаритель, мазутное хозяйство, химический цех и другие технологические нужды станции.

Вторую очередь высокого давления образуют:

- три паровых котла типа ПК-20 ст. №№ 6,7,8 (паропроизводительность перегретого пара температурой 510 °С и давлением 10 МПа - 120 т/ч, температура питательной воды – 158 °С, основное топливо - газ);
- один паровой котел типа Е-60-9,5-510 ДФТ ст. № 11 (паропроизводительность перегретого пара температурой 510 °С и давлением 9,5 МПа - 60 т/ч, основное топливо – смесь древесной щепы и торфобрикета БТ-7, для растопки используется природный газ) Этот котёл является уникальным для Беларуси, находится в единственном экземпляре на Жодинской ТЭЦ. Призванный увеличить долю потребления местных видов топлива, с его помощью удаётся экономить газ на сумму примерно \$3500000 в год.

От котлов данной очереди в отопительный период пар поступает на две паровые турбины типа Т-30-90 ст. №№ 4,5, их номинальная электрическая мощность составляет 30 МВт, расход пара максимальный - 190 т/час, давление пара – 9,0 МПа, температура пара равна 500 °С. Отработанный пар турбин поступает в конденсаторы, присоединенные непосредственно к выхлопному патрубку каждой турбины, где охлаждается обратной сетевой водой, проходящей по трубной системе. При конденсации из пара выделяются неконденсирующиеся газы, которые удаляются с помощью эжекторов. В данных турбинах также имеются отборы, с помощью которых часть отработанного пара забирается и используется в регенеративном цикле для подогрева основного

конденсата, питательной воды в ДОК, для подогрева сетевой воды в бойлерах и других целях.

В отдельную группу выделены водогрейные котлы КВГМ-100 ст. №№ 9, 10, предназначенные для получения горячей воды давлением до 2,2 МПа (на практике не более 1,6 МПа) и температурой до 150 °С, используемой в системах отопления. Этот котёл унифицированной серии рассчитан на сжигание природного газа и высокосернистого мазута, водотрубный, радиационный с теплопроизводительностью 100 Гкал/час.

Ранее указано, что цикл ТЭЦ использует речную воду. Перед отправкой этой воды в технологический цикл необходима её очистка и химическая подготовка.

Питание котлов первой очереди производится химочищенной водой (ХОВ), которая приготавливается по схеме химводоочистки химического цеха, включая процессы известкования и коагуляция в осветлителе, фильтрацию на механических фильтрах и двухступенчатое натрий-катионирование.

Химочищенная вода из баков подпитки котлов №№ 1,2,3 насосами химически очищенной воды НХОВ №№ 1,2,3 через подогреватели химочищенной воды подается в деаэраторы основного конденсата с давлением 0,12 Мпа (ДОК-1, ДОК-2), откуда питательными электронасосами № 1,2,5 подается в котлы первой очереди. Вместе с потоками конденсата и дренажа ХОВ образует поток питательной воды для данных котлов.

Котлы второй очереди в отопительный период используют питательную воду, образованную потоками ХОВ, конденсата бойлерных установок и дренажных баков. В межотопительный период для восполнения потерь в цикле включается испаритель, он предназначен для получения из химочищенной воды пара, направляющегося в пароводяной тракт.

Для снабжения потребителей паром на ТЭЦ установлены РОУ:

- на паропроводах от котлов ПК-20 и Е-60 – 100/40; 100/15; 100/6; 100/1,2;
- от котлов ГМ-50 – 15/7; 7/1,2 и 15/2.

В состав теплофикационной установки входят две группы подогревателей сетевой воды:

- бойлерная № 2 - два бойлера типа ПСВ-500-3-23, один типа ПСВ-500-14-23 и три конденсатных насоса М-25-140;
- бойлерная № 3 - два бойлера типа БО-350, один бойлер БП-350 и два конденсатных насоса типа 5КСД-5х4.

Для подпитки теплосети используется вода после деаэраторов химически очищенной воды ДХОВ №№ 1 и 2, куда подается химочищенная вода из химцеха.

Таким образом, установленная электрическая мощность Жодинской ТЭЦ составляет 54 МВт, тепловая – 425,235 Гкал/ч. Среди тепловых электроцентралей, входящих в РУП «Минскэнерго», показатель электрической мощности является самым скромным, а показатель тепловой мощности занимает среднее место. Так, доля Жодинской ТЭЦ по отпуску электроэнергии с 2016 года составляет около 1 % (для сравнения доля МТЭЦ-4 – 40,2 %, ТЭЦ-5 – 26,1 %,

МТЭЦ-3 – 23,3 %, Борисовская ТЭЦ – 4,6 %). Доля отпущенной тепловой энергии равна 3,5 % (МТЭЦ-4 – 40,2 %, МТЭЦ-3 – 20,0 %, Борисовская ТЭЦ – 1,8 %, ТЭЦ-5 – 1,0 %).

Теплоснабжение города Жодино от Жодинской ТЭЦ осуществляется по трем магистралям. Общая присоединенная нагрузка равна 288,87 Гкал/ч.

На балансе филиала Жодинская ТЭЦ находятся 174,26 км тепловых сетей (в том числе 32,4 км. сетей горячего водоснабжения) в однострубно́м исчислении и 30 ЦТП.

Ежегодно ведутся работы по замене тепловых сетей, например, в 2022 году в городе заменены 2500 метров теплосетей, из которых 1200 метров – трубопровод диаметром 700 мм. По 2025 год на ТЭЦ будет монтироваться гидрозатвор и в связи со строительством в городе нового микрорайона будет предусмотрена насосная станция для избежания перегрузки сетевых насосов станции.

Заключение

Жодинская ТЭЦ в целом представляет собой рядовое предприятие энергетической отрасли с неплохой материальной базой. Но несмотря на довольно высокие показатели в части эффективности производства продукции предприятия здесь не прекращаются работы по модернизации и реконструкции основного и вспомогательного оборудования.

Литература

1. Жодинская ТЭЦ - РУП «Минскэнерго» [Электронный ресурс]/История Жодинской ТЭЦ. – Режим доступа: <https://web.minskenergo.by/filialy/zhodinskaya-tets/>. – Дата доступа: 14.09.2022.
2. «В этом году ТЭЦ планирует заменить 2,5 километра теплосетей» [Электронный ресурс]/Жодинские навины. – Режим доступа: <https://zhodinonews.by/2022/07/24/v-etom-godu-tec-planiruet-zamenit-2-5-kilometra-teplosetej/>. – Дата доступа: 14.09.2022.

УДК621.186.3

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАРОПРОВОДА ОТ МИНИ-ТЭЦ ДО ФИЛИАЛА
«ЗАВОД ЖБК Г. МОЛОДЕЧНО»
RECONSTRUCTION OF THE STEAM PIPELINE FROM MINI-CHP TO
THE BRANCH "JBK PLANT MOLODECHNO"

М.В. Рынкевич, К.А. Галишева, Н.Р. Деркач
Научный руководитель – А.А. Бобич, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
M. Rynkevich, K. Galisheva, N. Derkach,
Supervisor – A. Bobich, Candidate of Technical Science, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье будет исследовано существующее состояние паропровода, от Мини-ТЭЦ до филиала «Завод ЖБК г. Молодечно» и определен диаметра проектируемого паропровода с учетом потерь теплоты в окружающую среду через наружную поверхность паропровода.

Abstract: this article will investigate the current state of the steam pipeline, from the Mini-CHP to the branch "Zavod ZhBK Molodechno" and determine the diameter of the projected steam pipeline, taking into account heat losses to the environment through the outer surface of the steam pipeline.

Ключевые слова: паропровод, экономия, тепловая энергия, пар.

Keywords: steam pipeline, economy, thermal energy, steam.

Введение

Замена существующего паропровода завышенного диаметра вызвана технологической необходимостью из-за физического износа и неудовлетворительного состояния строительных конструкций надземной теплотрассы, а также повреждения тепловой изоляции по длине паропровода, наличием язвенной коррозии по всему сечению трубы, нарушением гидроизоляции и пр. Кроме этого, установка нового паропровода меньшего диаметра приведет к снижению тепловых потерь в окружающую среду, уменьшению отпуска тепловой энергии от теплоисточника и соответственно снижению потребления природного газа на Мини-ТЭЦ г. Молодечно.

Основная часть

В работе рассмотрено пять вариантов различных диаметров паропровода.

Вариант 1 – в варианте предусматривается паропровод общей протяженностью $\approx 0,64$ км ($\approx 0,49$ км надземная прокладка, $\approx 0,15$ км подземная) диаметром 89x3 мм с тепловой изоляцией из матов PAROC Wired Mat 100 толщиной 80 мм.

В этом случае годовая экономия тепловой энергии составит 3,2 тыс. Гкал., годовая экономия пара составит 4,66 тыс. тонн. Потери давления при максимальном расходе составят 0,69 МПа что больше допустимых потерь. Следовательно, данный вариант технически неосуществим.

Вариант 2 – в варианте предусматривается паропровод общей протяженностью $\approx 0,64$ км ($\approx 0,49$ км надземная прокладка, $\approx 0,15$ км подземная)

диаметром 108x4,5 мм с тепловой изоляцией из матов PAROC Wired Mat 100 толщиной 80 мм.

В этом случае годовая экономия тепловой энергии составит 3,17 тыс. Гкал., годовая экономия пара составит 5,0 тыс. тонн. Потери давления при максимальном расходе составят 0,21 МПа, что больше допустимых потерь. Следовательно, данный вариант технически неосуществим.

Вариант 3 – в варианте предусматривается паропровод общей протяженностью $\approx 0,64$ км ($\approx 0,49$ км надземная прокладка, $\approx 0,15$ км подземная) диаметром 133x4 мм с тепловой изоляцией из матов PAROC Wired Mat 100 толщиной 80 мм.

В этом случае годовая экономия тепловой энергии составит 3,43 тыс. Гкал., годовая экономия пара составит 4,56 тыс. тонн. Потери давления, при максимальном расходе, составят 0,067 МПа, что больше допустимых потерь. Следовательно, данный вариант технически неосуществим.

Вариант 4 – в варианте предусматривается паропровод общей протяженностью $\approx 0,64$ км ($\approx 0,49$ км надземная прокладка, $\approx 0,15$ км подземная) диаметром 159x4,5 мм с тепловой изоляцией из матов PAROC Wired Mat 100 толщиной 80 мм.

В этом случае годовая экономия тепловой энергии составит 3,09 тыс. Гкал., годовая экономия пара составит 4,50 тыс. тонн. При максимальном расходе, потери давления составят не более 0,026 МПа, что соответствует допустимым потерям 0,05 МПа.

Вариант 5 – в варианте предусматривается паропровод общей протяженностью $\approx 0,64$ км ($\approx 0,49$ км надземная прокладка, $\approx 0,15$ км подземная) диаметром 219x6 мм с тепловой изоляцией из матов PAROC Wired Mat 100 толщиной 80 мм.

В этом случае годовая экономия тепловой энергии составит 3,0 тыс. Гкал., годовая экономия пара составит 4,37 тыс. тонн. При максимальном расходе, потери давления составят 0,0007 МПа, что соответствует допустимым потерям 0,05 МПа.

Заключение

При сравнении рассмотренных вариантов можно прийти к выводу, что варианты 1-3 технически невозможны. Вариант 4 является более эффективным, вследствие чего экономия условного топлива на Мини-ТЭЦ составило 0,548 т.у.т.

Литература

1. Республиканское унитарное предприятие «Белорусский теплоэнергетический институт» [Электронный ресурс] / РУП «БелТЭИ» – Минск 2017 – Режим доступа: <http://beltei.by/> – Дата доступа: 07.09.2022
2. Исаченко В.П. Теплопередача / Исаченко В.П., Осипова В.А. и Сукомел А.С. – 3-е изд. – Москва : «Энергия», 1975. – 488 с

УДК 621.311.22

**РЕКОНСТРУКЦИЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ТЭЦ-1
RECONSTRUCTION OF GOMEL НТР-1**

П.А. Брилёв

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

P. Bryliou

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотации: в работе рассмотрена реконструкция гомельской ТЭЦ-1 и приедены основные результаты реконструкции.

Abstract: the article considers the reconstruction of the Gomel CHPP-1 and presents the main results of the reconstruction

Ключевые слова: теплоэлектроцентраль, газотурбинная установка, парогазовая установка

Keywords: combined heat and power plant, gas turbine plant, combined cycle plant

Введение

В связи с увеличением количества жителей в городах, возрастает и энергопотребление. Для удовлетворения потребностей людей в электроресурсе проводятся различные мероприятия по оптимизации выработки электроэнергии, а также, исходя из необходимости, реконструируют имеющие станции и строят новые. Одним из таких предприятий стала ГТЭЦ-1.

Основная часть

В результате технико-экономических расчётов было выявлено, что лучшим способом ликвидировать нехватку электроэнергии будет модернизация ГТЭЦ-1. Проект был включён в перечень основных инвестиционных проектов Гос. Программы развития Белорусской энергетической системы на период до 2016 года. Тендер выиграла АКОО «Китайская машиностроительная инжиниринговая корпорация». Согласно заключённому контракту компания разработала проектную документацию, поставила оборудование и выполнила весь комплекс строительно-монтажных и наладочных работ.

31 Июля 2017 года РУП «Гомельэнерго» совместно с АКОО «Китайская машиностроительная инжиниринговая корпорация» успешно завершено строительство объекта «Реконструкция Гомельской ТЭЦ-1 с созданием блока ПГУ-35, с установкой ПГУ-25, котла-утилизатора и паровой турбины» (рисунок 1).

АКОО демонтировало устаревший паровой котёл и установила Газовую турбину Mitsubishi Hitachi H-25 с генератором DG215Z, Паровую турбину Siemens SST-060 с генератором TC125, Котёл-утилизатор паропроизводительностью 41,3 т/ч.

В результате данной модернизации энергетическая мощность ТЭЦ-1 выросла с 6 МВт до 35 МВт, а тепловая мощность осталась на том же уровне.



Рисунок 1 – Гомельская ТЭС-1 после модернизации

Заключение

Результатами реконструкции стали повышение электрической мощности станции и оптимизация параметров ее основных теплотехнологических циклов.

Литература

1. Реконструкция Гомельской ТЭС-1 [Электронный ресурс]/ Теплоэнергетика. –Режим доступа: <https://www.minenergo.gov.by/press/press-relizy/o-vvedenii-v-ekspluatatsiyu-parogazovoy-ustanovki-na-gomelskoy-tets-1/> – Дата доступа: 19.07.2022.
2. О введении в эксплуатацию ПГУ [Электронный ресурс]/ Теплоэнергетика. –Режим доступа: <https://www.minenergo.gov.by/press/press-relizy/o-vvedenii-v-ekspluatatsiyu-parogazovoy-ustanovki-na-gomelskoy-tets-1/> – Дата доступа: 19.07.2022.

УДК 621.311.001.57

**ВІМ-ПРОЦЕСС ІНФОРМАЦІОННЕ МОДЕЛЮВАННЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА
BIM-PROCESS INFORMATION MODELING CONSTRUCTION**

И.Ю. Садовский

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Sadovski

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотации: в данной статье будет рассмотрена разработка автоматизированных систем управления технологическими процессами на проектном предприятии РУП «БЕЛНИПИЭНЕРГОПРОМ».

Abstract: this article will consider the development of automated process control systems at the design enterprise RUE «BELNIPIENERGOPROM».

Ключевые слова: среда общих данных (СОД), ВІМ-процесс.

Keywords: common data environment (SOD), BIM process.

Введение

Предприятие РУП «БЕЛНИПИЭНЕРГОПРОМ» ставит своей основной задачей выпуск качественной проектно-сметной документации, как главного критерия экономической стабильности предприятия и гарантии удовлетворения клиента.

Предприятие осуществляет комплексное проектирование энергетических объектов и тепловых сетей, разработку технической документации, обоснование инвестиций и авторский надзор по ценам, обеспечивающим стабильную прибыль предприятию и приемлемым для потребителей, для чего использует следующие средства:

- формирование тематического плана на основании потребностей клиентов и обеспечение его выполнения;
- совершенствование технологии проектирования на базе автоматизации производства;
- целенаправленное повышение квалификации специалистов всех уровней;
- вовлечение каждого работника предприятия в процесс обеспечения качества проектов;
- оценка удовлетворенности клиентов.

Основная часть

При проектировании объектов энергоисточников и тепловых сетей РУП «БЕЛНИПИЭНЕРГОПРОМ» использует инновационные технологии для создания полноценных ВІМ-моделей объектов.

ВІМ-процесс – современный подход к проектированию, который обеспечивает прозрачность выполнения проекта, позволяет усовершенствовать коммуникацию с заказчиками, подрядчиками и другими участниками проекта,

организовать коллективную работу на более высоком уровне с отслеживанием изменений, что позволяет сократить количество запросов на изменения проектной документации со стороны строителей, снижать финансовые издержки и экономить время.

Для достижения результата предприятие использует обширное программное обеспечение, более чем 55 проектно-расчетных программ, основными из которых выступают Aveva E3D, Autodesk Revit, Tekla Structures.

Для эффективного внутреннего взаимодействия и координации работ между всеми участниками проекта создана среда общих данных (СОД) – хранилище, к которому имеют доступ отделы и специальности. СОД являющаяся единым источником достоверной и согласованной информации для всех участников проекта. Что позволяет в режиме реального времени работы с моделями различных дисциплин, быстро и эффективно вносить изменения в проектные решения, прослеживая результат во всех связанных между собой моделях и обеспечивает гораздо более гибкую форму выполнения проекта.

Таким образом, модель представляет собой некоторый тип базы данных, который содержит все относящиеся к проекту или зданию графические, геометрические и алфавитно-цифровые параметры и коды. Все нововведения, изменения и дальнейшие развития интегрируются в эту модель.

Графические изменения автоматически меняют и базу данных BIM-модели за счет привязки, добавления и настройки информации в форме свойств и атрибутов к составным частям модели.

Повышается качество проекта в целом. Наиболее частые ошибки – коллизии между конструкциями здания и его инженерными сетями, отсутствие технологических отверстий для инженерных систем, неправильный расчет объема материалов, вызванные в первую очередь непродуктивным взаимодействием между специалистами, занимающимися проектированием различных разделов, при работе с BIM видны сразу благодаря 3D-моделям, и специальным инструментам, осуществляющим проверку на пересечения и логистические нестыковки, сокращая объем переделок на последних стадиях проектирования.

Программное обеспечение Navisworks предоставляет возможность совместно управлять данными моделей разных дисциплин, работать в единой модели Navisworks, собранной на их основе, координировать свои действия и проводить процесс согласования, автоматически находить проектные ошибки и коллизии, виртуально изучать объект, имитировать процесс строительства для поиска коллизий во времени.

BIM-модель позволяет отслеживать состояние объекта на этапе эксплуатации, в том числе производится контроль состояния конструкций, инженерных систем и оборудования при необходимости технического перевооружения, перепланировок, капитальных ремонтов и реконструкции.

Заключение

В настоящее время РУП «Белнипиэнергопром», как крупная специализированная организация по проектированию энергоисточников, имеющая в своем составе более 500 инженерно-технических и научных

работников, успешно работает со всеми энергетическими объединениями и предприятиями на территории Республики Беларусь и в ряде регионов Российской Федерации. Поддерживаются деловые контакты и расширяется сотрудничество с зарубежными проектными организациями (Энергопроект Польша; Энергопроект Украина; NCPI и CSEPD1 Китай; Укрэнергопроект Украина; Технопромэкспорт Российская Федерация), заводами-изготовителями и фирмами-поставщиками энергетического оборудования, как в странах СНГ (энергомашиностроительные заводы Российской Федерации и Украины), так и дальнего зарубежья (ABB; SIEMENS; GEC ALSTHOM; AREVA).

Литература

1. В будущее с новыми технологиями [электронный ресурс] / РУП «БЕЛНИПЭНЕРГОПРОМ». – Режим доступа: https://belnipi.by/wp-content/uploads/2021/12/Буклет_2021.pdf. – Дата доступа: 05.07.2022.
2. РУП «БЕЛНИПЭНЕРГОПРОМ». Вклад в энергетику (1959-2012 гг.) /авт. текста И.П.Шпорта, А.М. Брушков; редкол.: А.Н. Рыков (гл.ред.) [и др.] – Минск: Парадокс, 2012. – 264 с.

УДК 62-611

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЗУТНОГО И ГАЗОВОГО ТОПЛИВА НА МТЭЦ-3
USE OF FUEL OIL AND GAS FUEL AT MTEC-3**

Н.О. Соловьёв, И.О. Аликевич, Е.С. Вежновец
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
N. Salauyou, I. Alikevich, E. Vezhnavecs.
Supervisor – T. A. Petrovskaya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье затрагивается использование мазутного и газового хозяйства на Минской ТЭЦ-3.

Abstract: the article touches on the use of fuel oil and gas facilities at the Minsk CHP-3.

Ключевые слова: мазут, газ, насос.

Keywords: fuel oil, gas, pump.

Введение

Вопрос качественного и бесперебойного топливоснабжения является одним из важнейших на предприятиях энергетической отрасли.

Основная часть

Мазутный парк Минской ТЭЦ-3 рассчитан на обеспечение работы 1-го котельного агрегата ТП-80, 3-х котлов ТП-87, 4 пиковых водогрейных котлов ПТВМ-100 и 3-х водогрейных котлов КВГМ-180 на мазуте.

Технологическая схема мазутной индустрии и установленное оснащение обеспечивают способ и сбережение мазута, а ещё его подготовку и подачу с вязкостью 2-3 ВУ и давлением 40 кгс/см² к форсункам энергетических котлов и давлением 25 кгс/см² к форсункам водогрейных котлов.

Подача мазута на ТЭЦ-3 выполняется по рельсам в ж/д цистернах вместительностью 50-60 м³. 52 ж/д цистерны ставятся в одно и тоже время на слив на двусторонней сливной эстакаде длиной 308 м.

Главным поставщиком мазута считается Новополоцкий НПЗ.

Приемно-сливной прибор выполнен по типовой схеме. Сливающийся мазут, подогретый паром с поддержкой Т-образных шлангов, поступает в сливные струи. Из струй сквозь переливные каналы, фильтрующие решетки и гидравлические клапаны поступает в 3 подземных прямоугольных резервуара, 2 из коих имеет размер 600 м³, а 1 – 200 м³. На перекрытии приемного резервуара V=200 м³ поставлены 3 погружных перекачивающих насоса 12НА-226 номинальной производительностью 120 м³/ч.

Насосы предусмотрены для перекачки мазута в резервуары для сбережения мазута. Выполнены по типовой схеме. Сливающийся из ж/д цистерн мазут, подогретый паром с поддержкой Т-образных шлангов, поступает в сливные струи. Из сливных струй сквозь переливные каналы, фильтрующие решетки и гидравлические клапаны.

На мазутной хозяйстве присутствует мазутный насос №2, который специализирован для подготовки и подачи мазута к форсункам энергетических и водогрейных котлов КВГМ-180 и ПТВМ-100 с номинальной затратой 265 т/ч.

Мазутная насосная №2 – надземное помещение из сборного железобетона и представляет собой: машинный филиал, пульт управления и подсобные помещения. Пол топливного насоса исполнен на нулевой отметке.

Нагрев мазута в резервуарах вместительностью $V=20000 \text{ м}^3$ выполняется циркуляционным способом. Циркуляционное очертание произведено из циркуляционного насоса 10НД-61, фильтра жесткой чистки мазута, коллектора прохладной циркуляции, подогревателя мазута ПМ-10-240, коллектора жаркой циркуляции и коллекторов с форсунками в баках.

В зоне поглощающего мазутопровода резервуаров поставлены паровые нагреватели, обеспечивающие начальный нагрев мазута при выводе резервуаров из морозного состояния. Резервуары обустроены индикаторами значения УДУ-5. Из резервуаров подогретый до $60-80^\circ\text{C}$ мазут сервируется по поглощающему мазутопроводу к подъёмным насосам 1 и откуда посылается в присоединённый подогреватель мазута, где греется до 135°C и, пройдя фильтры узкой чистки, подвергается подаче к подъёмным насосам, которые обеспечивают его подачу к форсункам энергетических котлов.

Система сбора и удаления замазученных стоков сделана из дренажных трубопроводов, дренажной ямы и 2-ух дренажных насосов РЗ-60, которые обеспечивают откачку дренажей в приёмные емкости $V=600 \text{ м}^3$.

Газорегуляторный пункт (ГРП) специализирован для понижения давления газа и поддержания его впоследствии работы регуляторов давления газа в газопроводах ТЭЦ на неизменном уровне, автономно от затраты газа.

В помещении ГРП объемом $9 \times 9 \text{ м}$ находятся исполнительные органы регуляторов давления, газоотводные заслонки, их электроприводы и районные контрольно-измерительные приборы. Остальное оснащение ГРП размещено на раскрытой территории. Щит управления был перенесен за пределы площадки ГРП на ЦТЩ № 3 и щите управления ГРП.

Все технологическое оснащение для ГРП произведено из надлежащих ведущих блоков: блок регулировки давления газа; блок чистки газа от механических примесей; блок измерения затраты газа; блок разъединяющих устройств; блок предохранительных приборов сброса давления.

Блок регулировки давления газа произведен из 4 рядов редуцирования газа. Из них 3 части № 1, 3, 4 однообразные с заслонками тарельчатого типа на подобию Ду300 и электрическими регуляторами рассчитаны на работу в режиме употребления газа станцией 35-40 тыс. м^3 .

Регулировка газа двухступенчатая, выполняется 2-мя поочередно установленными регулирующими клапанами, объединёнными совместной тягой от 1-ого исполнительного механизма. Регуляторы трудящихся рядов № 2, 3, 4 (РДГ-2, РДГ-2А, РДГ-3, РДГ-3А, РДГ-4, РДГ-4А) и части невысоких затрат № 1 (РДГ-1, РДГ-1А) поставлены на давление газа, равное $0,9 \text{ кгс/см}^2$ при выходе из ГРП.

Трасса понижения невысокого расхода рассчитана на размеренную работу в надлежащем спектре: $Q_{\max}=60000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $Q_{\min}=14\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ при давлении газа на входе в ГРП – $12 \text{ кгс}/\text{см}^2$ и $0.9 \text{ кгс}/\text{см}^2$ на выходе из него при расчетном угле поворота клапана $20-60^\circ$. Узел чистки газа от механических примесей подключает в себя 5 фильтров на подобии ФГ-100-300-12 на Ру- $12 \text{ кгс}/\text{см}^2$ с фильтрующей емкостью $1,05 \text{ м}^3$ каждый и байпас для подачи газа кроме фильтров. Кассеты фильтров заполнены капроновой нитью. Пропускная дееспособность фильтра при давлении $12 \text{ кгс}/\text{см}^2$ оформляет $100\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Перепад давления на кассете фильтра не обязан превосходить $0.1 \text{ кгс}/\text{см}^2$.

Узел замера затраты газа произведено из 2-ух рядов: части учета мелкого расхода Ду400 и части учета номинальных затрат Ду600 с камерными диафрагмами в наборе с дифманометрами и самопишущими вторичными устройствами.

Узел отключающих приборов подключает задвижки на входе и выходе из ГРП, задвижки для отключения фильтров измерительных диафрагм, рядов редуцирования. Вся арматура с электроприводом установлена во взрывозащитном исполнении.

Узел сбросных предохранителей приборов, оснащенных пружиной №127, произведено из 7 клапанов на подобии СППК 4Р-16 Ду150 для предохранения газопровода впоследствии регулятора давления газа от лишнего увеличения давления в нём.

ГРП модернизировано в связи с аппаратом ПГУ.

Заключение

В свое время мазут был установлен как основное, так и резервное, аварийное и технологическое топливо. Появилось много объектов, работающих только на этом дорогом топливе (цена на мазут в 3-5 раза выше средней по топливу). Использование мазута становится многозатратным, а также мазут перестает отвечать требованиям, которые должны обеспечивать и основное и резервное топливо.

Литература

1. Отчёт по технологической практике на МТЭЦ-3 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://studfile.net/preview/4295078/page:1/> - Дата доступа: 28.08.2022.
2. Производственная структура предприятия МТЭЦ-3 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://megalektsii.ru/s14065t2.html> - Дата доступа 29.08.2022.
3. Минская ТЭЦ-3 [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://revolution.allbest.ru/physics/00912846_0.html - Дата доступа 30.08.2022.
4. Описание технологического цикла производства МТЭЦ-3 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://cyberpedia.su/16x9337.html> - Дата доступа 31.08.2022.

УДК 66.092-977

**ПАРОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА С ВНУТРЕННЕЙ ГАЗИФИКАЦИЕЙ
COMBINED CYCLE POWER PLANT WITH INTERNAL GASIFICATION**

М.А. Заруба, С.В. Войтова, М.И. Веропотвельян

Научный преподаватель – Т.А. Петровская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

M. Zaruba, S. Voitova, M. Veropotveliyan

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье затрагивается тема внутренней газификации в ПГУ. В статье изложен принцип действия и основные преимущества и недостатки парогазовой установки с внутренней газификацией.

Annotation: the article deals with the topic of a smart power supply network. The article describes the principle of operation and the main advantages and disadvantages of combined cycle power plant with international gasification.

Ключевые слова: ПГУ, газификация, уголь, природный газ.

Keywords: CCPP, gasification, coal, natural gas.

Введение

Электростанция, включающая в себя механизм выработки энергии с комбинированным циклом (использует как газовую, так и паровую турбину), производит на 50% больше электроэнергии из того же топлива, чем традиционная электростанция с простым циклом. Наиболее распространенный тип электростанции с комбинированным циклом называется парогазовой установкой (ПГУ). Интересным способом использования альтернативного топлива на ПГУ является добавление такого процесс как газификация.

Основная часть

Газификация – это термохимический процесс частичного окисления топлива, который в конце преобразуется в синтетический газ. Она осуществляется в несколько этапов.

- измельчение и просушка твердого топлива (угля),
- нагрев воздухом и паром в бойлере.

Подогрев запускает реакцию, провоцирующую выпускание соединения газов, которые в дальнейшем используются в качестве топлива.

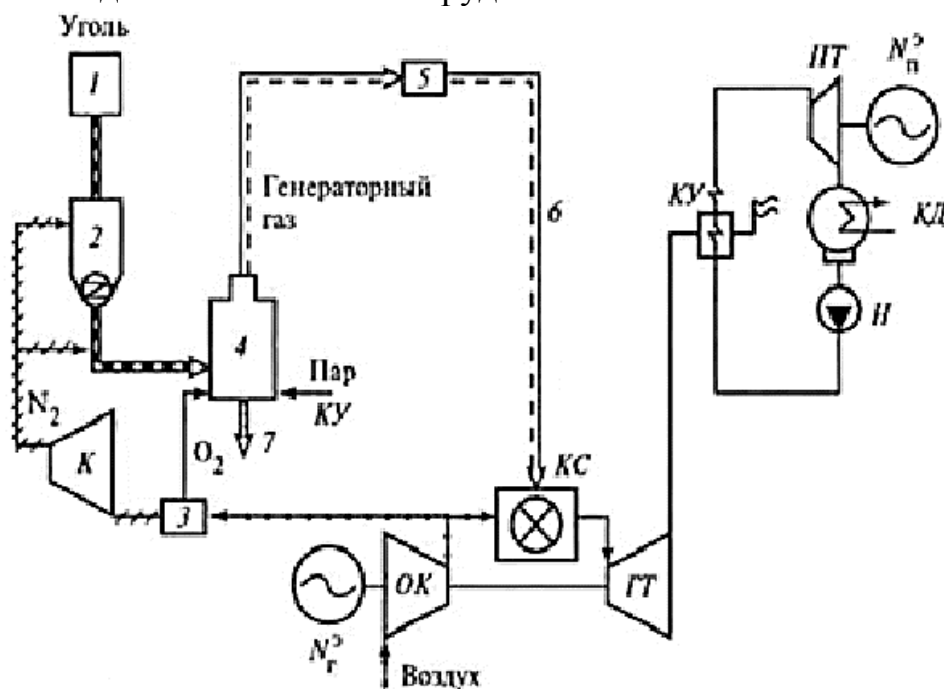
При помощи парогазовых установок с внутрицикловой газификацией угля (ВЦГУ) можно полностью заменить природный газ в камерах сгорания энергетических газотурбинных установок синтетическим (рисунок 1).

Принцип газификации: предварительно подготовленный уголь перемещается в газогенератор, где происходит процесс его газификации с использованием парокислородного дутья. Заранее в специальной установке сжатый в компрессоре воздух разделяется на азот и кислород, в дальнейшем используемые для выработки синтетического газа. Продукты газификации угля

после многоступенчатой очистки и удаления серы генерируют пар для паротурбинной установки в котле-утилизаторе.

Основное преимущество газификации заключается в том, что прежде чем уголь будет сожжен, из него удаляются вредные вещества, что значительно снижает уровень загрязненности воздуха. Так же данная технология позволяет использовать уголь низкого качества. Появляется возможность попутного производства серы, азота, чистого аргона и сжиженных углеводородов, которые являются самостоятельными товарными продуктами.

Минусами являются использование дополнительной электроэнергии для осуществления подготовки и газификации угля, что экономически дороже, чем использование природного газа, большие потери при превращении угля в газ, нестандартность дополнительного оборудования.



1 — прием топлива; 2 — бункер угля с питателем угля; 3 — установка разделения воздуха; 4 — газогенератор на кислородно-паровом дутье; 5 — система очистки генераторного газа; 6 — синтетический (генераторный) газ; 7 — шлак

Рисунок 1 – Схема работы ПГУ с внутренней газификацией угля

Заключение

Из вышеперечисленного можно понять, что в современном мире появляются альтернативные технологии, например, газификация, которые создаются для экономии природного газа и других видов топлива, находящихся на грани истощения, но эти технологии пока что являются, к сожалению, экономически затратными.

Литература

1. Combined cycle power plants [Электронный ресурс] / Combined cycle power plants. – Режим доступа: <https://www.ge.com/gas-power/resources/education/combined-cycle-power-plants>.-Дата доступа 20.09.2022.

УДК 621.311.22

**ПИКОВО-РЕЗЕРВНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК
PEAK-BACKUP ENERGY SOURCE**

Д.С. Шулепов

Научный преподаватель – Т.А. Петровская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D. Shulepov

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной работе мы рассмотрим создание пиково-резервных энергетических источников на территории Республики Беларусь.

Abstract: in this paper, we will consider the creation of peak-reserve energy sources on the territory of the Republic of Belarus.

Ключевые слова: газотурбинная электростанция, пиково-резервный энергетический источник, газоприемная станция.

Keywords: gas turbine power plant, peak-reserve energy source, gas receiving station.

Введение

В связи с введением в эксплуатацию Белорусской атомной электростанции в всеобщую энергосистему государства появилась потребность поддержания высокоманевренного резерва мощности, предназначенного для ликвидации небаланса электрических мощностей при неплановом выключении энергоблока АЭС и сохранения электроснабжения потребителей [1].

Основная часть

На Новополоцкой ТЭЦ строится газотурбинная электростанция (далее ГТЭС) мощностью 100 МВт. Это одна из четырех пиково-резервных энергетических источников (далее ПРЭИ), которые строятся для объединенной энергосистемы Республики Беларусь. Прочие находятся на Минской ТЭЦ-5, на Березовской ГРЭС, на Лукомльской ГРЭС.

Газоприемная станция (далее ГПС) – это технологическая установка, главное назначение которой – измерение расхода и предварительная фильтрация газа (рисунок 1).

ГПС имеет свою операционную систему с коалесцирующими фильтрами-скрубберами. Степень очистки газа составляет 99,9% для загрязнений размером более 10 мкм. Также есть возможность быстрой смены фильтрующих элементов.

Измерение объема топлива, поступающего в газотурбинные энергоблоки, обеспечивается двухлинейным блоком коммерческого учета газа. Данные от него подаются на верхний уровень АСУ ТП [2].

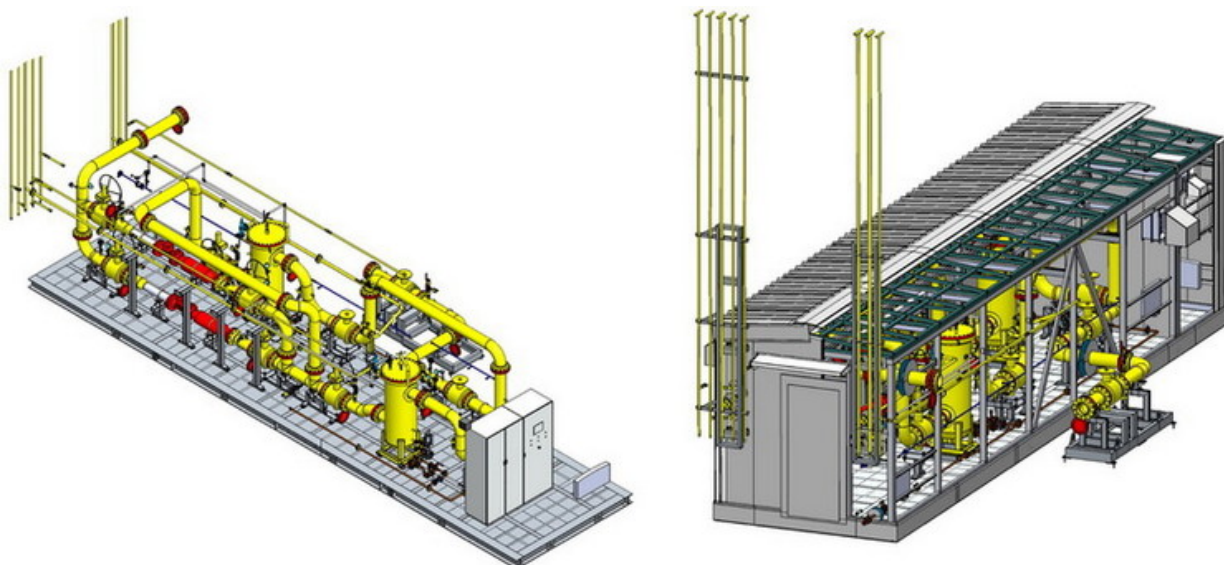


Рисунок 1 – Газоприемная станция

ГПС располагается в отдельном модуле – блок-боксе и обладает всеми необходимыми техническими системы, включая системы жизнеобеспечения и безопасности. Она полностью автоматизирована, а регулирование осуществляется из диспетчерской объекта (рисунок 2).



Рисунок 2 – Блок-бокс ГПС

Пиково-резервные энергоисточники служат для сглаживания пиков потребления электроэнергии и запуска, в случае аварийного отключения энергоисточников. Запасные мощности формируются за счет установки высокоактивных газотурбинных установок агрегатов, которые могут предоставить номинальную мощность в сеть в течение 15 минут [3].

Заключение

В заключении можно сказать, что новые мощности нацелены на увеличение надежности и гибкости белорусской энергосистемы. Газотурбинные энергоблоки будут применяться в качестве резерва как для существующей инфраструктуры, так и для будущих ветровых, солнечных и атомных электростанций. Ввод ПРЭИ поможет декарбонизации экономики и переходу на новую структуру энергетики Беларуси.

Литература

1. Программа комплексной модернизации производств энергетической сферы на 2021 – 2025 годы [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/wpcontent/uploads/2021/%D0%9F%D0%9A%D0%9C%D0%AD%202025-%D1%81.pdf>. -Дата доступа: 05.09.2022
2. ЭНЕРГАЗ поставил на Новополоцкую ТЭЦ газоприемную станцию и систему газовой фильтрации для пиково-резервной электростанции [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://energybase.ru/news/companies/energaz-has-supplied-gas-receiving-station-and-gas-filtration-system-for-peak-2022-03-05>.- Дата доступа: 05.09.2022
3. Создание пиково-резервных энергетических источников (ПРЭИ) в Республике Беларусь [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://belnpi.by/2021/04/10/sozдание-pikovo-rezervnyh-jenergeticheskikh-istochnikov-prjei-v-respublike-belarus/>. -Дата доступа: 05.09.2022

УДК 621.165

**ВНЕДРЕНИЕ НОВОГО ТУРБОАГРЕГАТА НА МИНСКУЮ ТЭЦ-3
INTRODUCTION OF A NEW TURBINE UNIT AT MINSK CHP-3**

К.О. Клименков, Д.В. Глинкин, Р.А. Тиунчик
Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
K. Klimentov, D. Glinkin, R. Tiunchik
Supervisor – T. Petrovskaya, Senior lecturer
Belarusian National Technical University, Minsk

Аннотация: сделан обзор проекта по замене турбины на Минской ТЭЦ-3.

Abstract: an overview of the turbine replacement project at Minsk CHP-3 is made.

Ключевые слова: турбоагрегат, Минская ТЭЦ-3, реконструкция.

Keywords: turbine unit, Minsk CHP-3, reconstruction.

Введение

Минская ТЭЦ-3 снабжает термической энергией в пределах 40% жилищного фонда мегаполиса Минска, а еще воплощает в жизнь абсолютное тепло- и пароснабжение большого количества больших промышленных компаний, в частности, тракторного, авто и подшипникового заводов. В 2018 году по программе становления электроэнергетики стартовала модернизация Минской ТЭЦ-3 которая предполагала реконструкцию давнего оснащения на свежее, собственно что тянет за собой наращивание производительности работы и годичного отпуска электронной и термической энергии. Одним из поставщиков техники стал Уральский Турбинный Завод, он поставил турбоагрегат, генератор, котельную установку, вентиляторную градирню, насосное и грузоподъемное оснащение, трубопроводы, АСУ ТП, трансформаторы и др. В 2022 году была заменена турбина Т-100-130 ст.№7 на турбоагрегат Тп-115-130/13 ст. №7.

Основная часть

Турбина Тп-115/130-12,8 придумана для подмены самой глобальной серийной турбины Уральского завода – Т-100. Ее придумали с внедрением свежих инструментов расчета и передовых материалов. В турбине переработаны системы всех цилиндров, их опор, роторов, узлов парораспределения и лопаточного аппарата. Для наращивания внутреннего КПД проточной части и увеличения технической производительности цилиндра высочайшего давления конструкторы категорически отказались от регулирующей ступени, взамен которой был внедрен регулирующий отсек. Все это в совокупности даст возможность нарастить наибольшую мощность турбины, сделать лучше характеристики экономичности и надежности, уменьшить цену ее актуального цикла. Основные характеристики турбины приведены в таблице 1

Таблица 1 – Основные расчетные параметры турбины

Наименование параметра		Значение	
Мощность, МВт:	номинальная	115	
	максимальная	130	
	на макс. конденсационном режиме	130	
Номинальные параметры свежего пара:		давление, МПа	12,64
		температура, °С	555
Расход свежего пара, т/ч:	номинальный	567	
	максимальный	567	
	на макс. конденсационном режиме	458	
Тепловая нагрузка	Максимальная производственная, т/ч	70	
	Номинальная отопительная (суммарно по обоим отборам), ГДж/ч:	754	
	теплоты пара, поступающего в конденсаторы для подогрева сетевой воды, ГДж/ч	791	
Пределы регулируемого давления регулируемых отборах пара, МПа:	Производственный (после регулирующего органа)	0,69 – 1,18	
	в В верхнем отопительном отборе при двуступенчатом подогреве сетевой воды	От минус 0,039 до плюс 0,147	
	в нижнем отопительном отборе при одноступенчатом подогреве сетевой воды	от минус 0,049 до плюс 0,098	
Охлаждающая вода, проходящая через конденсаторную группу	расход номинальный (максимальный), м ³ /ч	16000	
	температура на входе в конденсаторы, °С	20	
Давление в конденсаторах на максимальном конденсационном режиме (чистые трубы поверхности теплообмена), кПа		5,6 (абс)	
Температура питательной воды на номинальном режиме, °С		232	

Заключение

Из проделанного анализа модернизации ТЭЦ-3, предприятие проводит удачный интеграционный план для свежего оснащения, улучшая совместную эффективность работы электростанции, при помощи подмены приборов потерявших и отработавших рабочий ресурс.

Литература

1. Реконструкция Минской ТЭЦ-3 с заменой выбывающих мощностей очереди 14 МПа. – Минск: БЕЛНИПИЭНЕРГОПРОМ, 2013. – 50 с.
2. Паровая турбина ТП-115/130-12,8 для реконструкции Минской ТЭЦ-3 (Республика Беларусь) [Электронный ресурс] / Паровая турбина ТП115/130-12,8 для реконструкции Минской ТЭЦ-3 (Республика Беларусь). – Режим доступа: <https://made-in-ural.ru>. – Дата доступа: 22.09.2021.
3. Минская ТЭЦ-3 [Электронный ресурс] / Минская ТЭЦ-3. – Режим доступа: <https://minskenergo.by/filialy/minskaya-tets-3/>. – Дата доступа: 22.09.2021.

УДК 621.039

**ПРОБЛЕМЫ ВВОДА АЭС В ЭНЕРГОСИСТЕМУ И СПОСОБЫ ИХ
РЕШЕНИЯ**
**PROBLEMS OF INTRODUCING NPP INTO THE POWER SYSTEM AND
METHODS FOR THEIR SOLUTION**

Н.В. Лях, Д.Н. Машаро

Научный руководитель – И.Н. Прокопеня, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

N. Liakh, D. Masharo

Supervisor – I. Prokopenya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в данной работе будут рассмотрены проблемы ввода АЭС в энергосистему и способы их решения.*

***Abstract:** in this paper, the problems of putting nuclear power plants into the power system and ways to solve them will be considered.*

***Ключевые слова:** проблемы, способы решения, АЭС, график выработки, график потребления, электростанции.*

***Keywords:** problems, solutions, nuclear power plants, production schedule, consumption schedule, electric boilers.*

Введение

В связи с относительно скорым вводом АЭС в белорусскую энергосистему обостряются проблемы регулирования выработки электроэнергии и её использования.

Основная часть

Особенностью работы АЭС является постоянный уровень выработки электроэнергии, а также большая мощность одного энергоблока. Это вызывает ряд, следующий проблем:

- Невозможность регулирования выработки в зависимости от потребления.
- Необходимость больших резервных мощностей на случай прекращения работы одного из энергоблоков.

Для подробного рассмотрения проблемы необходимо изучить: особенности выработки и состав электростанций, графики выработки и потребления электроэнергии (рисунок 1,2) [1].

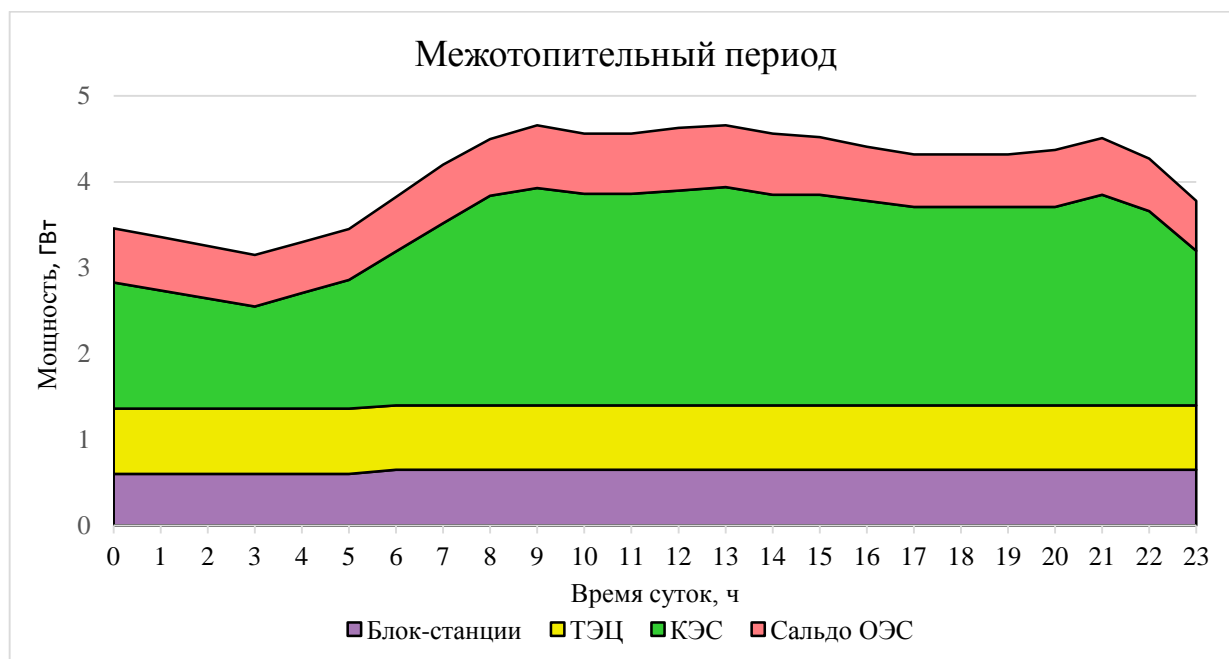


Рисунок 1 – График выработки и потребления электроэнергии в межотопительный период

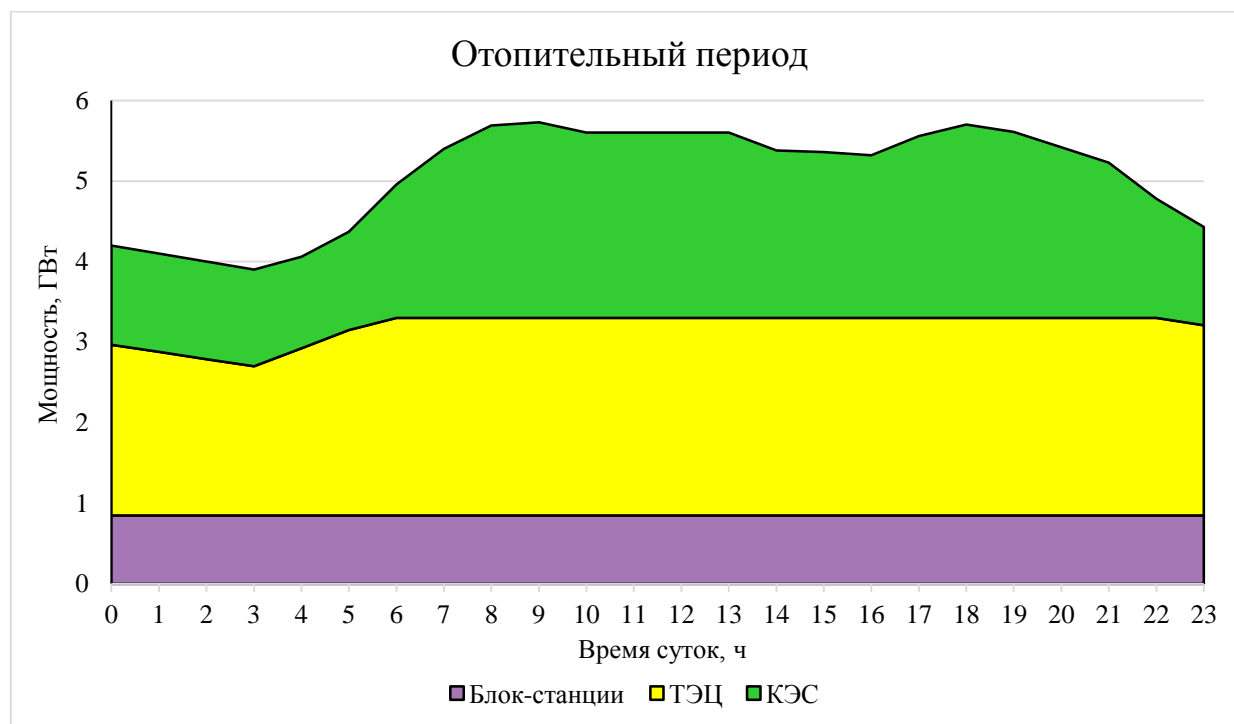


Рисунок 2 – График выработки и потребления электроэнергии в отопительный период

Следует отметить, что существующий суточный график позволяет задействовать самые эффективные источники – ТЭЦ, блок-станции, ПГУ – практически без ограничений (ТЭЦ задействуются без ограничений в неотопительный период и с минимальным ограничением в ночное время в отопительный период). Регулирование выработки с помощью ТЭЦ невозможно без изменения выработки тепловой энергии, что приведёт уже к проблемам с теплоснабжением. В ночное время суток падает теплоснабжение, поэтому возможно снизить выработку электроэнергии на ТЭЦ. Регулирование суточного графика обеспечивается в большей степени за счет конденсационных блоков КЭС. Резерв в размере мощности самого крупного энергоблока 427 МВт

гарантированно обеспечивается за счет вращающихся мощностей недогруженных блоков в системе (горячий вращающийся первичный резерв). Таким образом, суточный график нагрузок сбалансированный, резерв – надежный (рисунок 3, 4).

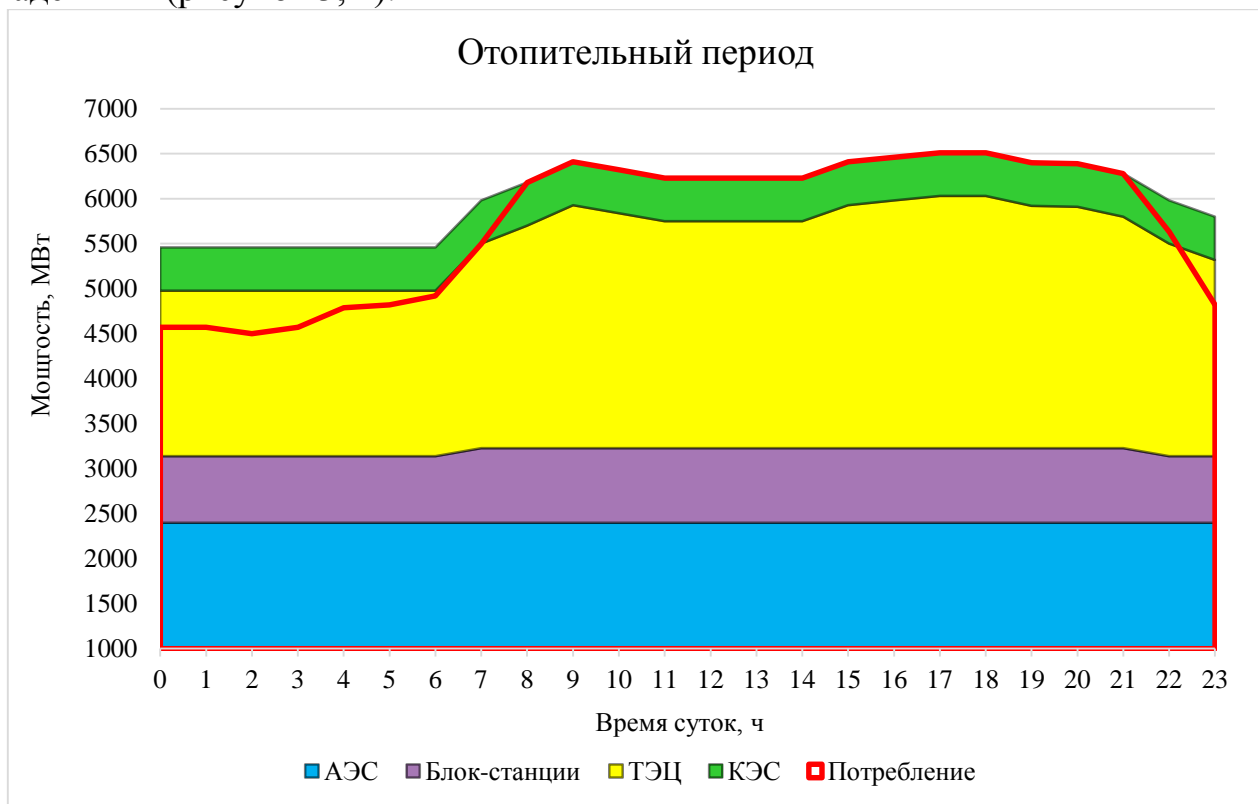


Рисунок 3 – Сценарий развития ситуации в энергосистеме Беларуси после ввода АЭС

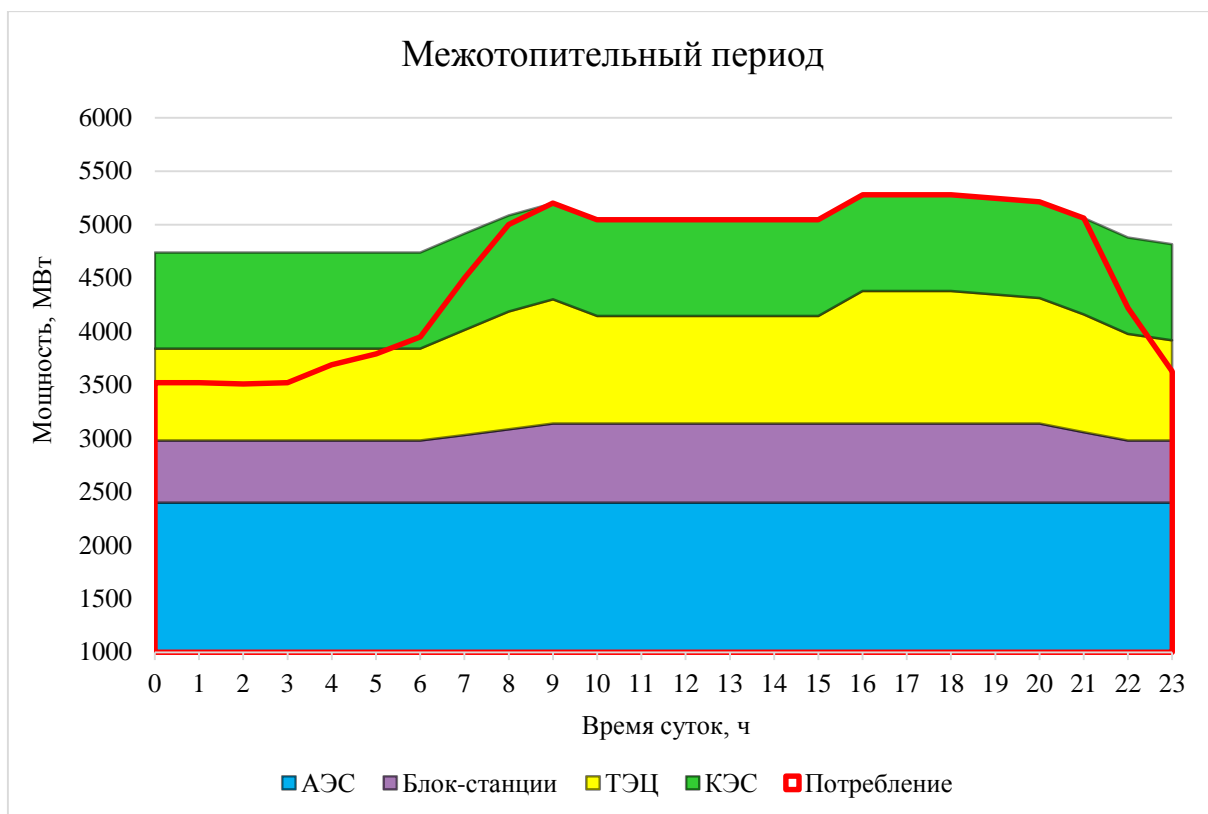


Рисунок 4 – Сценарий развития ситуации в энергосистеме Беларуси после ввода АЭС

Ввод АЭС приведёт к значительному уменьшению доли выработки на КЭС и ТЭЦ, к излишкам выработки от 1000 до 2000 ГВт. Не используемые мощности КЭС могут быть использованы в качестве резервных. Возникает проблема с регулировкой выработки в моменты пиковых нагрузок.

Варианты решения проблемы [2]:

- Установка на малых ТЭЦ, обладающих требуемыми электросетями, электрокотлов с тепловыми аккумуляторами может обеспечить регулирование от 0,2 до 0,6 ГВт.
- Установка на котельных электрокотлов, которые в ночное время заряжали бы тепловые аккумуляторы.
- Необходимо стимулирование собственников блок-станций промышленных предприятий к прекращению генерации в часы провалов путём продажи им электроэнергии, замещающей собственное производство, по тарифу, не превышающему себестоимость её генерации на предприятии. Потенциал оценивается до 0,4 ГВт.
- Установка абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов для утилизации всех возможных потоков (циркуляционные потоки градирен, дымовые и выхлопные газы) обеспечит годовое снижение потребления природного газа на ТЭЦ до 0,5 млн т у. т.
- Установка тепловых аккумуляторов на крупных ТЭЦ позволит изменять мощности ТЭЦ в течение суток до 1,4 ГВт и обеспечит экономию природного газа до 0,1 млн т у. т. в год.

Заключение

Ввод АЭС в энергосистему Республики Беларусь позволит снизить зависимость от поставок и колебания цен природного газа, что повысит энергобезопасность РБ. Однако это также несёт проблемы регулирования графика выработки электроэнергии.

Литература

1. Диверсификация возможных решений обеспечения надежной работы энергосистемы в условиях ввода в строй белорусской АЭС «Репозиторий БНТУ» [Электронный ресурс] / «Репозиторий БНТУ». – Режим доступа: <http://rep.bntu.by/>. – Дата доступа: 10.10.2022.
2. К вопросу о диверсификации вариантов регулирования мощности генерации Белорусской энергосистемы «Репозиторий БНТУ» [Электронный ресурс] / «Репозиторий БНТУ». – Режим доступа: <http://rep.bntu.by/>. – Дата доступа: 10.10.2022.

УДК 621.18-5

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПАРОВОГО КОТЛА Е-1,0-0,9Г-3

OPERATION OF STEAM BOILER E-1.0-0.9G-3

А.И. Побережнюк

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

А. Poberezhniuk

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотации: в данной статье будет рассмотрено более подробно схема, а так же принцип запуска Е-1,0-0,9Г-3

Abstract: this article will discuss in more detail the scheme as well as the principle of launching the E-1,0-0,9G-3

Ключевые слова: Е-1,0-0,9Г-3, использование, описание

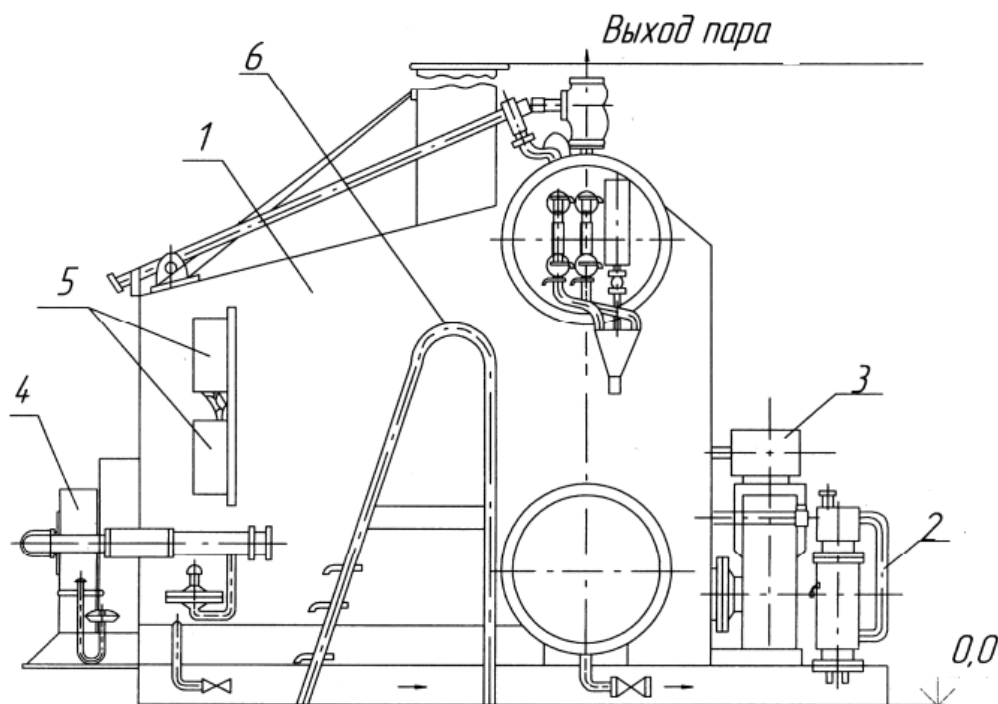
Keywords: E-1,0-0,9G-3, usage, description

Введение

В большинстве случаев для обеспечения технологии паром на каждом предприятии будет стоять тот или иной паровой котлоагрегат, как правило небольшой мощности. В данной работе будет кратко рассмотрена эксплуатация парового котла Е-1,0-0,9Г-3.

Основная часть

Паровой котел е-1,0-0,9г-3 с паропроизводительностью 1 т/ч и абсолютным давлением насыщенного пара 0,9 МПа представлена на рисунке 1.



1-система трубная, натрубная теплоизоляция с каркасом и обшивкой; 2-система питания; 3-тяговое устройство; 4-система топливная; 5-система управления; 6-лестница с площадкой.

Рисунок 1 – Общий вид котла Е-1,0-0,9Г-3

Котел паровой Е-1,0-0,9Г-3 принадлежит к типу вертикально-водотрубных двухбарабанных котлов с естественной циркуляцией. Котел паровой рассчитан для работы на газе, предназначается для выработки насыщенного пара рабочим давлением 0,8 МПа для потребления предприятиями промышленности и сельском хозяйстве, для технологических, хозяйственных и бытовых нужд. Котел паровой работает под разрежением. Конструкция трубной системы котла выдерживает кратковременное давление в топке до 3000 Па и разрежение в топке до 400 Па. По устойчивости и воздействию температуры и влажности окружающего воздуха паровой котел изготавливается в климатическом исполнении УХЛ4. Конструкция котла обеспечивает сейсмостойкость 6 баллов по шкале MSK- 64 [3].

При комплексно осмотре производится перед запуском производится [1]:

- Осмотр котла (топки, экранных поверхностей, обшивки и т.д.);
- Осмотр и опробование, путем кратковременного пуска, вспомогательного оборудования (питательного насоса, дымососа, горелочного устройства, вентилятора);
- Проверка установки датчиков и их соединений.

Щелочение котла производится для очистки внутренних поверхностей котла от возможных загрязнений, а также для создания на поверхностях металла защитной пленки. Продолжительность щелочения и количества реагентов зависит от степени и характера загрязнений.

Особое внимание во время работы котла парового необходимо обращать [2]:

- На уровень воды в котле и наличие воды в питательном баке;
- На поддержание в котле заданного давления пара, которое не должно быть выше 0,8МПа;
- На устойчивость горения, которое должно происходить без пульсаций, хлопков, отрыва факела и дымления

Заключение

Перед началом работы с паровым котлом необходимо тщательно изучить принцип работы, инструкции по эксплуатации рабочим лицом данного парового котла и возможные нюансы, которые характерны для данного котла или предприятия в целом.

Литература

1. Юревич Ю.Т. – Рабочая инструкция машиниста (кочегара) котельной (2020).
2. Черняков Ю. Е. – Инструкция по охране труда для машиниста (кочегара) котельной. (2021).
3. Котел паровой Е-1,0-0,9Г-3. Техническое описание и инструкция по эксплуатации [Электронный ресурс]. URL: https://www.te-company.ru/tek_teh_e_1_0_0_9g_new.pdf (Дата обращения 15.07.2022).

УДК 662.767.2

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ. БИОГАЗ
ALTERNATIVE ENERGY SOURCES. BIOGAS

К.В. Насенник, Д.К. Цвирко

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

K. Nasennik, D. Tsvirko

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecture

Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** при производстве биогаза решается проблема утилизации органических отходов, производства тепловой и электрической энергии, а также проблема производства биологических удобрений.*

***Abstract:** in the production of biogas, the problem of organic waste disposal, the production of heat and electricity, as well as the problem of the production of biological fertilizers are solved.*

***Ключевые слова:** Биогаз, БГУ, отходы, альтернативная энергетика.*

***Keywords** Biogas, biogas plant, waste, alternative energy.*

Введение

Биогаз – газ, получаемый водородным или метановым брожением биомассы. Метановое разложение биомассы происходит под воздействием трёх видов бактерий. В цепочке питания последующие бактерии питаются продуктами жизнедеятельности предыдущих. Первый вид – бактерии гидролизные, второй – кислотообразующие, третий – метанообразующие. В производстве биогаза участвуют не только бактерии класса метаногенов, а все три вида. Одной из разновидностей биогаза является биоводород, где конечным продуктом жизнедеятельности бактерий является не метан, а водород.

Основная часть

В Беларуси находит применение данный вид альтернативного топлива. Одним из таких примеров является Лебедевская мини-ТЭЦ филиала «Молодечненские электрические сети» РУП «Минскэнерго» введена в эксплуатацию в ноябре 2013 года и предназначена для производства биогаза из отходов сельхозпредприятий (навоз, остатки кормового стола, зерновые отходы), с последующим сжиганием полученного топлива и выработкой электрической и тепловой энергии.

Для работы биогазовой установки необходимо несколько видов сырья: жидкий и твердый навоз, а также остатки корма для скота – кукурузный силос. Все сырье попадает в гидролизную емкость установки, там происходит его смешивание, окисление и предварительный подогрев до 25-30°C.

После этого смесь поступает в ферментеры, разогревается до 39-40°C, где в строго анаэробных условиях, без доступа кислорода, образуется Биогаз. Биогаз собирается и хранится в пленочных газохранилищах ферментера и затем через систему охлаждения и очистки поступает в блочную ТЭЦ, где вырабатываются электроэнергия и тепло.

Отработанный продукт ферментации (биологические удобрения) – поступает в хранилище удобрений.

В результате технологического цикла образуются биогаз и биологические удобрения. Биогаз – горючая смесь газов, образующаяся при разложении органических субстанций в результате анаэробного микробиологического процесса (метанового брожения). Количество биогаза зависит от состава субстратов и содержания в них органических веществ. Химический состав биогаза: 55-62% метана, 38-45% углекислого газа, незначительные примеси водорода, сероводорода и аммиака. 10-15% выработанной тепло-электроэнергии идет на собственные нужды биогазовой установки (поддержание температуры 39-40°C, работа насосного оборудования).

Произведенные на биогазовой станции органические удобрения богаты азотом, фосфором и калием. По сравнению с минеральными, они усваиваются растениями на 100% (минеральные – только на 35-50%).

Так же источником биогаза могут быть коммунальные отходы. Свалочный газ – одна из разновидностей биогаза. Он вырабатывается на полигонах твердых коммунальных отходов. По данным Минприроды, установки по получению биогаза действуют на семи полигонах страны.

На свалках образуются метан и углекислый газ, а также присутствует небольшое количество иных газов, которые улетучиваются в атмосферу и являются одной из причин изменения климата. Однако свалочный газ можно использовать во благо, если оборудовать полигоны комплексами по производству биогаза. В 2013 году в нашей стране только на трех полигонах функционировали такие комплексы.

Заключение

Производство биогаза позволяет предотвратить выбросы метана в атмосферу. Метан оказывает влияние на парниковый эффект в 21 раз более сильное, чем CO₂, и находится в атмосфере 12 лет. Захват метана – лучший краткосрочный способ предотвращения глобального потепления.

Переработанный навоз, барда и другие отходы применяются в качестве удобрения в сельском хозяйстве. Это позволяет снизить применение химических удобрений, сокращается нагрузка на грунтовые воды.

Так же благодаря установкам работающих на биогазе можно вырабатывать энергию тепловую и электрическую, которой хватит на содержание небольшого завода

Литература

1. Романюк В.Н., Бобич А.А., Коломыцкая Н.А., Муслина Д.Б., Романюк А. В. Эффективное обеспечение графика нагрузок энергосистемы // Энергия и Менеджмент. – 2012. – № 1. – С. 13-20.
2. РУП «Минскэнерго» Новости предприятия – 26.08.2020 – [Электронный ресурс]. <https://web.minskenergo.by/news/novosti-predpriyatiya/biogaz-universalnyj-vozobnovlyaemyj-istochnik-energii/> (дата обращения 23.04.2022)

УДК 621.165

**ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПАРА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЧНД ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ
POSSIBILITY OF USE OF LOW-POTENTIAL STEAM FOR COOLING LPP HEATING TURBINE**

Е.А. Шепко, К.А. Войтик, В.А. Вирко

Научный руководитель – З.Б. Айдарова, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

E. Shepko, K. Voytik, V. Virko

Supervisor – Z. Aidarova, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье рассматривается применение низкопотенциального пара для охлаждения ЧНД теплофикационной турбины АП-12-35 Минской ТЭЦ – 2 вместо пара высокого потенциала.

Abstract: this article discusses the use of low-grade steam for cooling the low-pressure steam of the AP-12-35 cogeneration turbine of the Minsk CHP-2 instead of high-potential steam.

Ключевые слова: турбина, ЧНД, низкопотенциальный пар, охлаждение, ухудшенный вакуум.

Keywords: turbine, LPP, low-grade steam, coolin, degraded vacuum.

Введение

Экспериментальная проверка теоретических предпосылок по применению низкопотенциального пара для охлаждения ЧНД теплофикационных турбин осуществлялась на турбине АП-12-35 Минской ТЭЦ - 2. Особенностью которой являлось охлаждение её ЧНД паром высокого потенциала 0.69 МПа и 275 °С [2].

Основная часть

Чугунный выхлопной патрубок турбины не допускал повышения температуры пара в нём выше 60 °С. Расход пара на охлаждение достигал при этом порядка 3,3 кг/с, что составляло около 30 % от расчётного в ЧНД. Такой большой пропуск пара в конденсатор турбины поставил под сомнение целесообразность её эксплуатации с большой потерей теплоты в холодном источнике. Решить задачу повышения экономичности работы машины при обеспечении надёжности позволило применение охлаждения ЧНД низкопотенциальным паром. Перевод охлаждения ЧНД на низкопотенциальный пар позволил снизить расход его втрое. Принцип нового охлаждения ЧНД поясняется рисунок 1 [2].

Накопленный опыт использования новой схемы позволил применить её на той же турбине, но уже в более сложных условиях после перевода её на ухудшенный вакуум выполненный в 1983 году. Охлаждение ЧНД наиболее остро стоит для турбин, переводимых на ухудшенный вакуум в конденсаторе. Разогрев выхлопной части таких турбин может приводить к появлению значительных температурных напряжений в металле, расцентровке ротора, ухудшению вибрационного состояния машины. Обычно на ухудшенный вакуум

переводятся турбины с большой наработкой моторесурса, что требует особо тщательного подхода к обеспечению надёжности их работы, основные проблемы, как правило, при этом проявляют себя в их ЧНД.

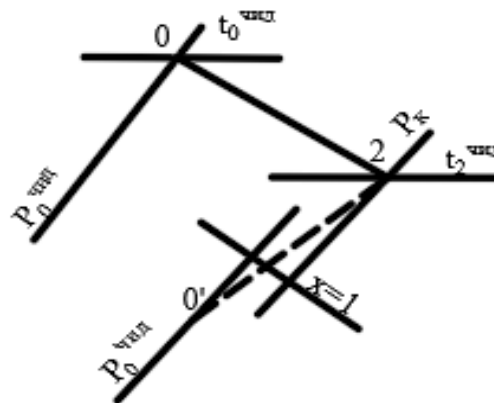


Рисунок 1 – Процесс расширения при охлаждении ЧНД турбины по новой схеме низкопотенциальным паром (пунктир) и штатной – высокопотенциальным паром (сплошной)

В нашем случае большое внимание уделялось обеспечению допустимого температурного уровня выхлопного патрубка турбины, переведенной на ухудшенный вакуум [1].

Заключение

Предельный уровень температуры за турбиной был определён в 130 °С. Результаты исследований температурного состояния выхлопной части турбины при использовании для охлаждения ЧНД низкопотенциального пара приведены на рисунок 2 [2].

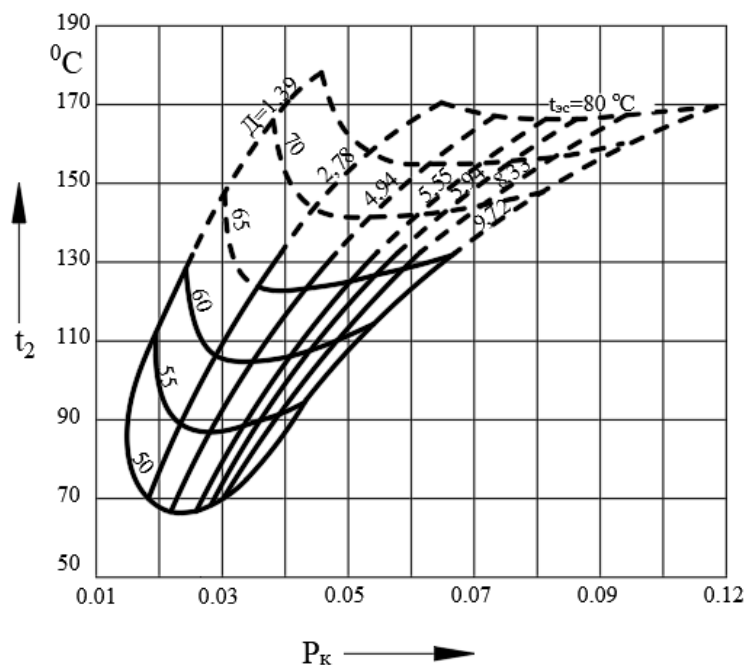


Рисунок 2 – Изменение температуры отработавшего пара за турбиной АП-12-35 МТЭЦ-2 переведенной на ухудшенный вакуум с включенной (сплошные) – и отключенной СО (пунктир)

Накопленный опыт по применению низкопотенциального пара в СО ЧНД турбины АП-12-35 был использован при разработке СО для турбины ПТ-60-130/22 БТЭЦ-2 [2].

Литература

1. Качан А.Д. Разработка методов анализа показателей топливоиспользования, оптимизация режимов и технологических схем ТЭЦ с целью повышения их системной эффективности Автореф. д.т.н. – М.:1992. – 40с.
2. Перевод турбоустановки АП-12-35 предприятия Минтеплосетей на ухудшенный вакуум и пути дальнейшего повышения эффективности ее эксплуатации / В.К. Балабанович, В.А. Чиж, Е.В. Сорока, Н.В. Муковозчик, В.А. Золоторева. – БПИ. – Минск. – 1988. – С.4. Деп. в ВИНТИ.

УДК 658.264

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛООВОГО ПУНКТА
MODERNIZATION OF THE THERMAL POINT**

Н.С. Мысливец

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

M. Myslivets

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в тезисе рассмотрено техническое решение по модернизации зависимого теплового пункта с применением пластинчатого теплообменника.

Abstract: the thesis considers technical solution for the modernization of a dependent thermal point using a plate heat exchanger.

Ключевые слова: тепловой пункт, пластинчатый теплообменник, техническая вода.

Keywords: thermal point, plate heat exchanger, technical water.

Введение

Тепловой пункт – это конструкция, включающая в себя ряд автоматических устройств. Устанавливается в подвальной части объекта и служит проводником между тепловыми сетями и потребителями. Нагретая вода транспортируется от центральной котельной в тепловой пункт, далее идет ее распределение по потребителям через трубопроводы (отопительные и для горячего водоснабжения). [1]

Основная часть

Тепловые потребители подключаются к тепловым сетям двумя принципиально различными способами – по независимой и зависимой схемам. Зависимое присоединение предполагает подачу воды потребителям непосредственно из наружных тепловых сетей (рисунок 1). Недостатком такой схемы в сложности регулирования температуры теплоносителя. Тепловой пункт становится полностью зависимым от постоянной подачи воды. Данный недостаток приводит к тому, что при резкой смене погоды происходит перегрев или недогрев теплоносителя, а энергоресурсы расходуются впустую.

При модернизации зависимого теплового пункта с использованием пластинчатого теплообменника мы сможем поставлять горячую воду к потребителям с минимальными потерями, система автоматики будет подстраиваться под погодные условия и с помощью теплообменника регулировать тепловой поток, поступающий с тепловых сетей. В системе горячего водоснабжения здания будет контур технической воды, созданный теплообменником (рисунок 2). Данный контур не допустит быстрого коррозионного изнашивания водопровода, т.к. вода в нем химически подготовлена.

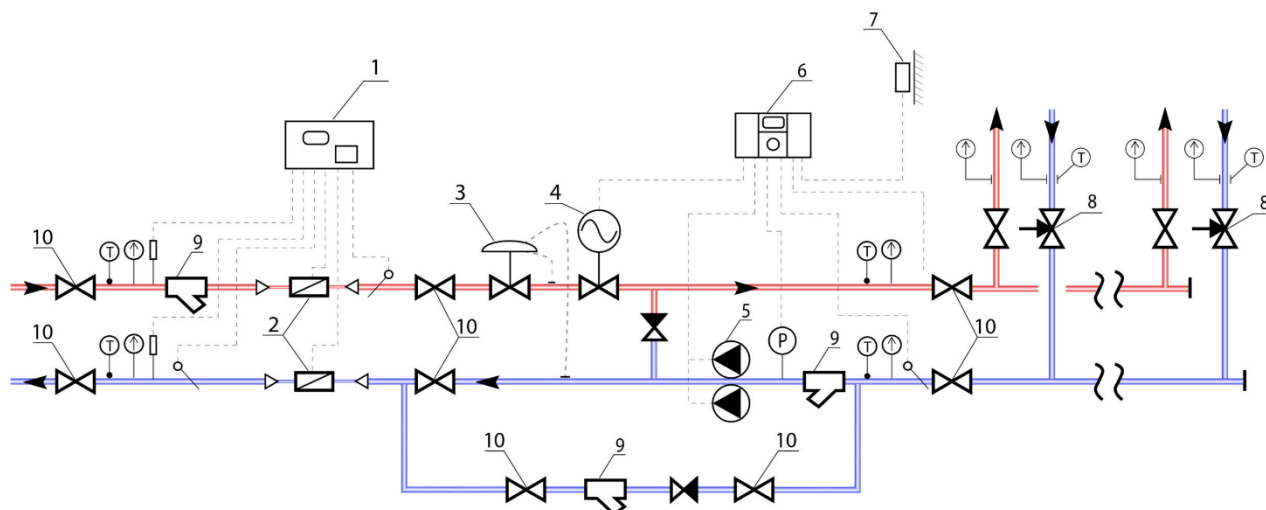


Рисунок 1 – Принципиальная схема зависимого теплового пункта

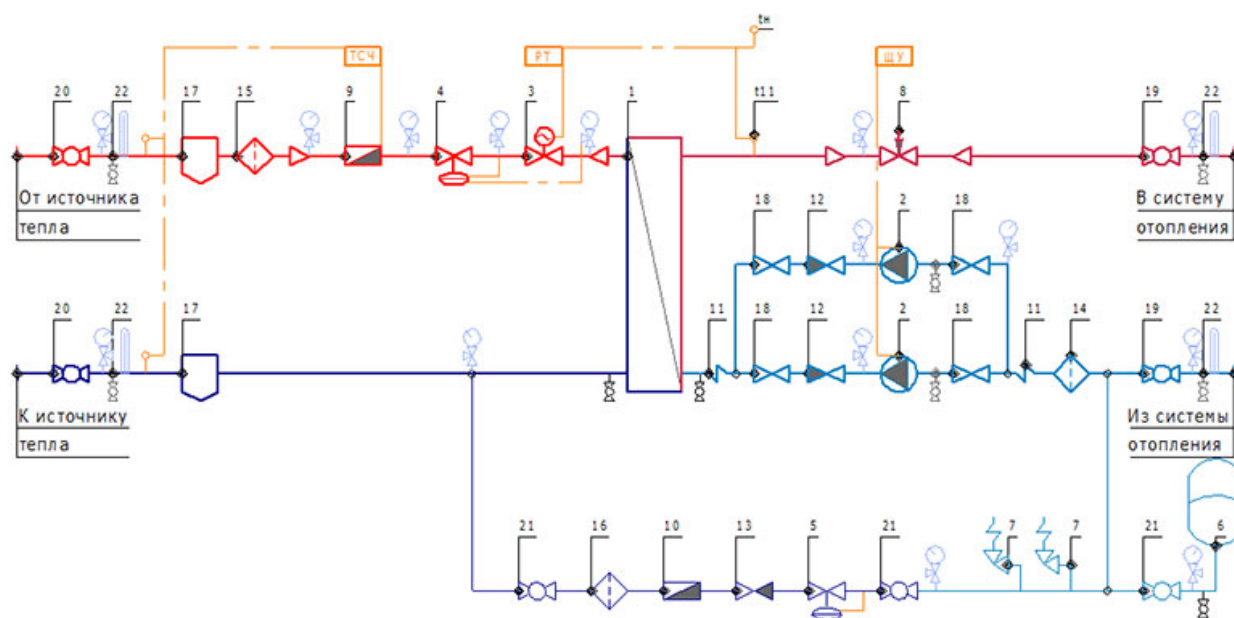


Рисунок 2 – Принципиальная схема независимого теплового пункта

Заключение

Модернизация теплового пункта с помощью теплообменника позволит уменьшить расходы электрической энергии при циркуляции и перекачке горячей воды, иметь постоянную температуру горячей воды благодаря автоматическим установкам, автоматизировать процесс работы, который не требует постоянного обслуживания сотрудниками.

Литература

1. Виды тепловых пунктов (ТП) [Электронный ресурс]: – Режим доступа: http://www.energsovet.ru/entech.php?id=19&poz_f=0 – Дата доступа: 20.09.2022.
2. К вопросу о повышении эффективности отопительных котельных и тепловых пунктов [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://broadcast.by/stati/> - Дата доступа: 20.09.2022.

УДК 621.565

**АБСОРБЦИОННАЯ ХОЛОДИЛЬНАЯ МАШИНА
ABSORPTION CHILLER**

К.И. Пеньковский

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

K. Penkovskiy

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: увеличение эффективности использования первичных импортируемых энергоресурсов, диверсификация приходной части энергобаланса страны, где на данный момент доминирует природный газ (до $\approx 80\%$) чрезвычайно актуальные энергетические проблемы. Кроме того, столь большого удельного веса природного газа в структуре энергобаланса нет ни в одной другой стране. Связанное с непрерывным повышением цены на природный газ, оказывают наиболее тяжелое влияние, прежде всего, на экономику Республики Беларусь. В данной статье рассматриваются основные особенности в применении абсорбционных холодильных машин.

Abstract: increasing the efficiency of using primary imported energy resources, diversifying the income part of the country's energy balance, where natural gas dominates today (up to $\approx 80\%$), are extremely pressing energy problems. In addition, no other country has such a large share of natural gas in the structure of the energy balance. The noted circumstance, together with the continuous increase in the price of natural gas, have the most severe impact, first of all, on the economy of the Republic of Belarus. The article discusses the main features in the use of absorption refrigeration machines.

Ключевые слова: абсорбционная холодильная машина, источники тепловой энергии

Keywords: absorption refrigeration machine, thermal energy sources

Введение

Одна из возможных областей применения абсорбционных холодильных машин – здания с высокими пиковыми нагрузками на систему электроснабжения. Затраты электрической энергии на кондиционирование воздуха составляют значительную часть общей электрической нагрузки здания. Снижение потребления электрической энергии – основное преимущество абсорбционных холодильных машин (АБХМ). В этих машинах охлаждение достигается за счет затрат не электрической (как в компрессорных холодильных машинах), а тепловой энергии. Источником тепловой энергии может служить горячая вода, пар, выхлопные газы и другие виды топлива

Основная часть

Принцип действия абсорбционной холодильной машины основан на определенных свойствах хладагента и абсорбента, которые обеспечивают отвод

теплоты, охлаждение и поддержание необходимого температурного режима (рисунок 1).

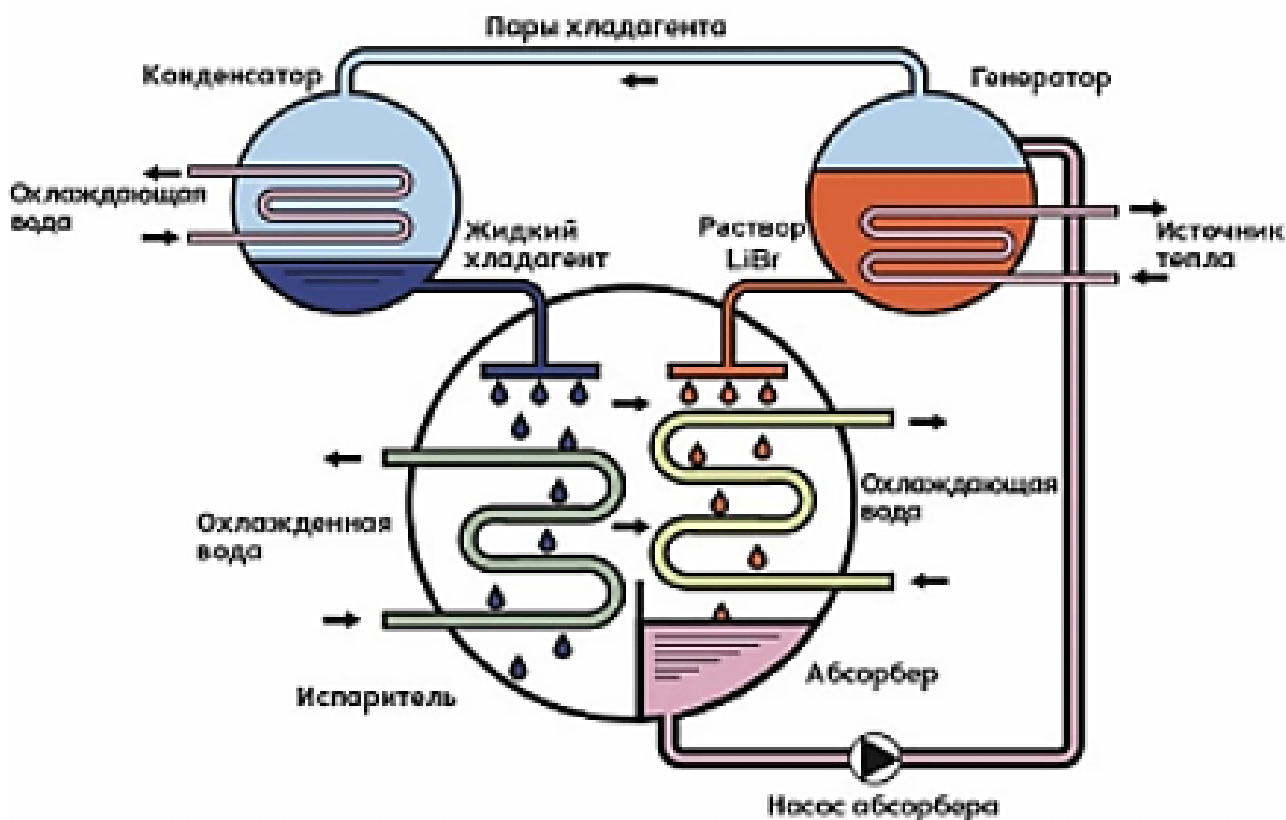


Рисунок 1 – Принципиальная схема абсорбционной холодильной машины.

Вода хладагент поступает в левую часть камеры – «испаритель» (рисунок 1). Внутри, в условиях глубокого вакуума, происходит процесс кипения хладагента, который отводит теплоту из охлаждаемой воды, циркулирующей по трубкам теплообменника. Этот процесс непосредственно охлаждает воду, которая циркулирует в теплообменнике, и выполняет главную задачу, стоящую перед АБХМ. Капли концентрированного раствора бромида лития подаются в правую часть камеры («абсорбер»), где абсорбируют пары воды хладагента. Для того чтобы не допустить повышения температуры бромида лития и потери его абсорбирующих свойств, необходима охлаждающая вода, которая стабилизирует его температуру. Раствор бромида лития, полученный после абсорбции, направляется в генератор при помощи насоса. Там под воздействием теплоты из него выкипает часть воды. Это восстанавливает изначальную концентрацию бромида лития в растворе, что нужно для поддержания его абсорбирующих свойств. В конденсаторе происходит процесс конденсации пара хладагента, образовавшегося при кипении раствора в генераторе. Далее, эта вода хладагент вновь попадает в «испаритель» (левую часть камеры) и цикл повторяется заново.

Абсорбционные машины просты по конструкции (кроме насосов для перекачки жидкости, в них нет других движущихся механизмов), незатратны в изготовлении, надежны и не создают много шума. Их можно размещать вне

помещений: на открытых площадках под легкими навесами для защиты от осадков. Главный недостаток – невысокая энергетическая эффективность

Во многих случаях абсорбционная холодильная машина позволяет радикально снизить эксплуатационные расходы на центральное кондиционирование и промышленное охлаждение за счет использования доступного альтернативного источника энергии, который часто бывает дешевле затрат на подключение и использование электрических мощностей. Именно с помощью абсорбционных холодильных машин возможно более полное использование топливно-энергетических ресурсов, уменьшить тепловое загрязнение окружающей среды, т.е. решать самые актуальные задачи энергетики.

Заключение

Таким образом, использование АБХМ позволяет достичь высоких энергетических и экономических показателей и положительно сказывается на экологии планеты.

Литература

1. Абсорбционные – холодильные машины [Электронный ресурс] / Режим – доступа:
2. Гафуров АМ. Способ преобразования сбросной низкопотенциальной теплоты ТЭС. // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – – №4 (28). -С.28
3. Калимуллина ДД. Гафуров А.М. Новые системы охлаждения конденсаторов паровых турбин ТЭС. //Иновационная наука. №3 -С. 100

УДК 004.418

**НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ
DIRECTIONS OF MODERNIZATION OF SOFTWARE IN THE ENERGY
INDUSTRY**

И.А. Цветков

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Svetkov

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в данной статье идет речь о возможной модернизации софта SOFIT SCADA с помощью модели CIM.*

***Abstract:** this article deals with a possible upgrade of the SOFIT SCADA software with CIM model.*

***Ключевые слова:** CIM, АСУ, модернизация, информация, обсуждать.*

***Keywords:** CIM, ACS, modernization, information, discuss.*

Введение

В данной работе рассмотрена возможность модернизации программного обеспечения Sofit Scada основываясь на современных стандартах и темпах развития устройств контроля показателей, их точности и скорости обработки.

Основная часть

SCADA - системы реализуются на объектах промышленной автоматизации как трехуровневая распределенная иерархическая система контроля и управления, соответствующая структуре технологического объекта и характеру управления им. В зависимости от объекта автоматизации и устанавливаемой конфигурации системы определяется состав технических средств нижнего, среднего и верхнего уровня системы.

В марте этого года в Минске прошла конференция «СІМС-2022» (Common Information Model Conference) в которой компания «ИнноТех Солюшнс» приняла участие как один из организаторов и главных экспертов мероприятия.

СІМ это информационная модель, название метода «языка» для описания физических объектов и систем реального мира в распознаваемом для человека и машины формате. В общем понимании СІМ - это открытый стандарт, определяющий представление управляемых элементов ІТ среды в виде совокупности объектов и их отношений, предназначенный обеспечить унифицированную возможность управления такими объектами, вне зависимости от их производителя.

Предпосылками к разработке и внедрению СІМ – модели в энергетической сфере РБ послужили проблемы, связанные с отсутствием единообразного формата обмена технологической информацией в процессе взаимодействия энергетиков в стране, к числу которых относятся:

- увеличение сроков и стоимости внедрения информационных систем;
- повышение ресурсоемкости задач по актуализации информационных моделей;
- несинхронное обновление и разнородность информации;
- отсутствие интеграции программного обеспечения разных производителей;
- увеличение зависимости энергокомпаний от разработчиков разнородного программного обеспечения.

Во время конференции были затронуты вопросы общего предназначения СИМ-модели в разрезе вскрытых проблем и возникающую из этого необходимость внедрения унифицированного формата информационного обмена в энергетическую сферу, способного произвести полную интеграцию разнородных АСУ и обеспечить единообразный способ управления энерго объектами вне зависимости от их технологических, функциональных особенностей и производителя этих АСУ. Экспертами энергетической отрасли подведены промежуточные итоги проделанной работы, связанной с подготовкой Beta профиля СИМ-модели в Республике Беларусь, разработкой его содержания и полноты, достаточной, для описания энергосистемы страны. На конференции рассмотрен опыт российских экспертов по внедрению СИМ в энергосистему РФ с точки зрения “заимствования” успешной модели апробации многолетнего труда.

Представители «ИнноТех Солюшнс» поделились своим мнением и экспертизой в обсуждаемой области в отражении с разрабатываемыми и широко внедряемыми специалистами компании различными технологическими и информационными платформами и сервисами в сфере энергетики, к числу которых относятся:

- системы автоматического регулирования частоты и активной мощности (АРЧМ);
- автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП, SCADA-системы);
- автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ);
- интегрированные системы управления на платформе 1С;
- автоматизированные системы биллинга;
- информационные системы «Личный кабинет для юридических лиц»;
- геоинформационные системы;
- отдельные компоненты АСУ ТП, обеспечивающие, в т.ч. интеграцию данных между разнородными автоматизированными системами.

Ключевой особенностью разрабатываемого и поставляемого компанией ПО является возможность обеспечения его полной совместимости с остальными системами, образуя тем самым общую экосистему программных продуктов, выполненную в защищенном исполнении.

Заключение

В связи с вышеперечисленным в статье можно сделать вывод, что внедрение системы СИМ в программный комплекс энергетических объектов РБ поможет им выйти на новый уровень контроля и защиты информации с последующим ее интегрированием в общегосударственный учет.

Литература

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / InnoTech Solutions. - Минск, 2022. - Режим доступа : <https://intechs.by/>. - Дата доступа : 08.09.2022.

УДК 631.243.33

**ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ
ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО-СУШИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ЗСК-100Ш
SCOPE AND PRINCIPLE OF OPERATION OF THE ZSK-100SH GRAIN-
CLEANING COMPLEX**

И.В. Василевский

Научный руководитель – А.А. Бобич, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Vasilevsky

Supervisor – A. Bobich, Candidate of Technical Science, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в данной научной работе рассматривается назначение, область применения и описание принципа работы зерноочистительно-сушильного комплекса ЗСК-100Ш.*

***Abstract:** this scientific work considers the purpose, scope and description of the work of the ZSK-100Sh grain-cleaning complex.*

***Ключевые слова:** ЗСК, сушка, сушильный комплекс, удаление влаги.*

***Keywords:** ZSK, drying, drying complex, moisture removal.*

Введение

Работа зерноочистительно-сушильных комплексов (далее – ЗСК) имеет очень важное значение в послеуборочной обработке зерна, так как они позволяют обеспечить увеличение срока хранения зерна, при этом снижают потери его при уборке в поле, а также позволяют быстро передать зерно с поля на длительное хранение.

Поэтому техническая готовность всего технологического оборудования ЗСК совместно с четкой организацией работы, учетом условий и ресурсов имеют решающее значение для эффективной и своевременной уборки урожая.

Для достижения данных целей необходимо заблаговременно осуществить подготовку, обслуживание и ремонт газового оборудования ЗСК.

Основная часть

Комплекс зерноочистительно-сушильный ЗСК-100Ш с сушилкой зерновой шахтной, работающей на газовом, жидком топливе и дровах, предназначен для послеуборочной обработки (очистки и сушки) зерновых колосовых, зернобобовых, масличных и крупяных культур, кукурузы с исходной влажностью до 35 % и предусматривает комплексную механизацию сушки, очистки и погрузочно-разгрузочных работ при температурах от 0 до +40 °С. Есть возможность соединения с механизированными зернохранилищами и семенными линиями [1].

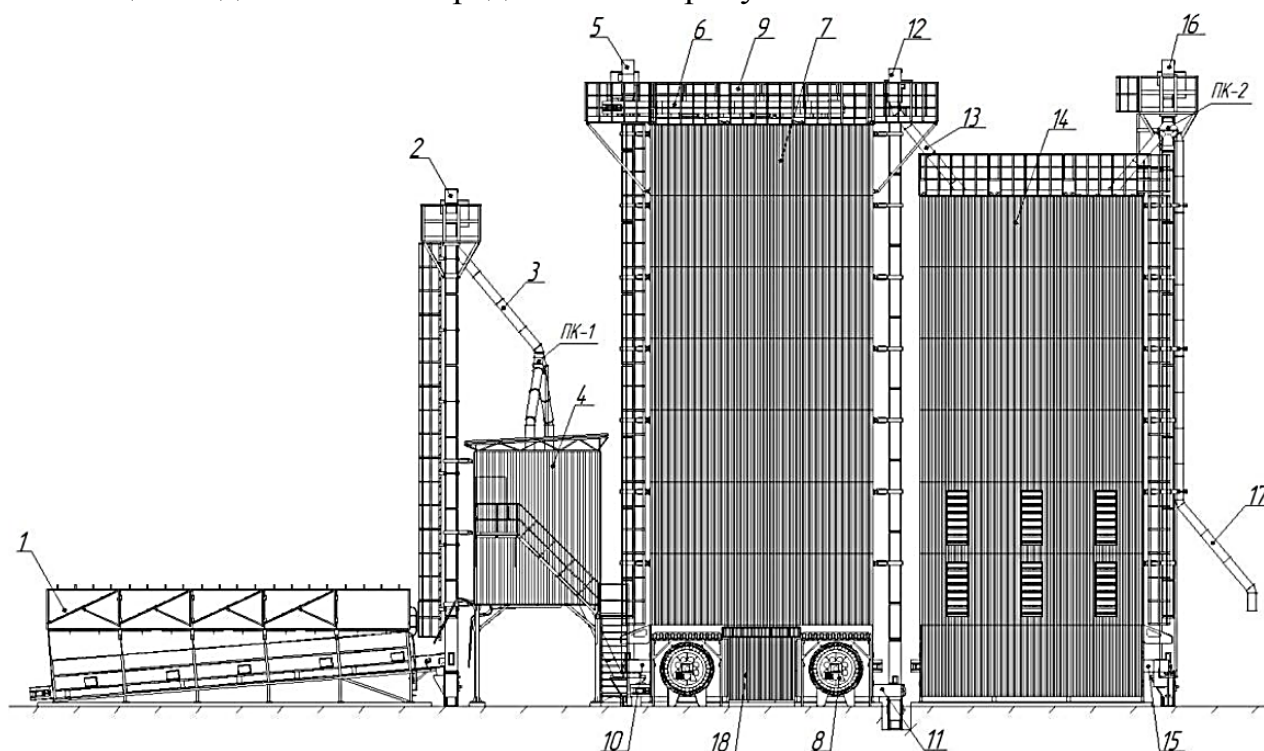
Принцип высушивания зерна основан на удалении влаги из него нагретым воздухом (конвективная сушка), который проходит через зерно в шахтах сушилки. Процесс сушки происходит под разрежением – наружный воздух всасывается через воздухонагреватель, где нагревается, а потом протягивается через зерно в шахтах, удаляя из зерна влагу. Далее он нагревает зерно и

выбрасывается из сушилки наружу с помощью вентиляторов. Зерно движется под действием силы тяжести сверху вниз зигзагами, огибая короба и перемешиваясь. Нагретое зерно в сушилке или в вентилируемом бункере охлаждается протягиванием через него наружного воздуха. Оборудование комплекса позволяет произвести предварительную очистку зерна, его сушку, первичную обработку с автоматизированными погрузочно-разгрузочными операциями по трем технологическим схемам:

- подготовка фуражного зерна с предварительной очисткой;
- подготовка продовольственного или семенного зерна с предварительной и первичной очисткой;
- предварительная и первичная очистка сухого зерна без использования зерносушилки.

Комплекс управляется со шкафов управления, а также из операторной по компьютеру.

Общий вид ЗСК-100Ш представлен на рисунке 1.



1- устройство приемно-подающее; 2,5,12,16 - нории зерновые; 3,13,17 - зернопроводы; 4 - отделение очистки; 6,10,11,15 - конвейеры скребковые; 7 - сушилка зерновая шахтная модульная; 8 - воздухонагреватели смесительные; 9 - вентиляторы осевые; 14 - бункер вентилируемый; 18 – операторная; ПК-1, ПК-2 - перекидные клапана на зернопроводах

Рисунок 1 – Общий вид ЗСК-100Ш

В состав комплекса (Рисунок 1) входят: приемно-подающее устройство 1, нория зерновая 2, отделение очистки зерна 4, сушилка зерновая шахтная модульная 7 (семь сушильных секций), бункер вентилируемый 14, зернопровод 3, операторная 18.

В состав сушилки входят: станина, секции сушильные, приемный бункер, загрузочная нория 5 и выгрузная нория 12, зернопровод 13, подводящий и

отводящий воздуховоды, конвейеры скребковые 6,10 и 11, вентиляторы 9 и воздушнонагреватели смесительные 8.

В состав бункера вентилируемого входят: станина, секции охлаждающие, секции накопительные, приемный бункер, конвейер скребковый 15, выгрузная нория 16 и зернопровод 17.

Технологический процесс работы комплекса осуществляется по схеме, представленной на рисунке 2.

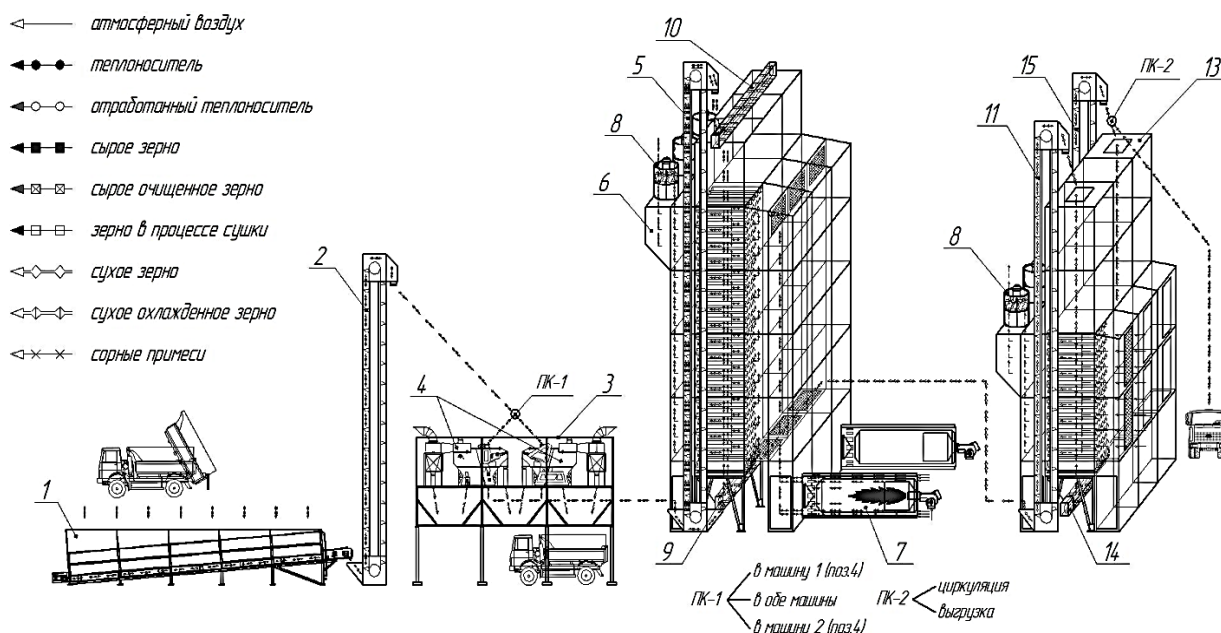


Рисунок 2 – Технологическая схема ЗСК-100Ш

Сырое зерно с самосвала или ковшовым погрузчиком загружается в бункер приемно-подающего устройства 1, откуда конвейером скребковым (аэрожелобом) подается в норию 2 и через систему зернопроводов с перекидными клапанами (ПК) направляется в машину предварительной очистки 4 или на две параллельно расположенные машины предварительной очистки, расположенные в отделении очистки 3.

В машине предварительной очистки сорные примеси отделяются от сырого зерна и попадают в накопительный бункер отделения очистки, откуда по мере накопления выгружаются в транспортное средство. Сырое очищенное зерно из машины предварительной очистки самотеком по зернопроводу подается в норию 5, которая при помощи загрузочного конвейера 10 (либо загрузочного зернопровода) заполняет сушилку 6 сырым очищенным зерном. В воздушнонагревателе 7 происходит нагревание холодного атмосферного воздуха, который вентиляторами 8 протягивается сквозь массу зерна в сушилке и удаляет из него влагу. Пути движения зерна задаются перекидными клапанами (ПК), которые управляются вручную.

Далее сухое зерно из сушилки 6, конвейером 9 подается на норию 11. Нория заполняет вентилируемый бункер 13 сухим зерном. В нижней части вентилируемого бункера сквозь массу зерна вентиляторами 8 протягивается холодный атмосферный воздух, за счет чего и происходит охлаждение зерна. Выгрузной конвейер 14, установленный под вентилируемым бункером подает

сухое охлажденное зерно в норию 15. Она заполняет вентилируемый бункер сухим зерном для обеспечения непрерывного режима охлаждения зерна или обеспечивает выгрузку сухого охлажденного зерна в транспортное средство.

Заключение

Зерноочистительно-сушильный комплекс ЗСК-100Ш обеспечивает успешное проведение уборочной кампании и позволяет достичь равномерной сушки зерна по всему объему и высокого качества сушки зерна. Автоматизированный процесс работы и дистанционная диагностика системы управления сводит к минимуму затраты времени и сил на обслуживание комплекса.

Литература

1. Руководство по эксплуатации зерноочистительно-сушильных комплексов ЗСК-Ш, ЗСК-ША. / ОАО «АМКОДОР-СЕМАШ» – управляющая компания холдинга».
2. Захаров, А. А. Применение тепла в сельском хозяйстве: учебники и учеб. пособия для высш. с. -х. учеб. заведений / А. А. Захаров. – М.: Колос, 1980. - 311 с., ил.

УДК 628.81

**НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ
LOW-TEMPERATURE HEATING SYSTEMS**

А.С. Дудинец, М.П. Кузьмич, И.Д. Пашкевич
Научный руководитель – М.И. Позднякова, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
A. Dudinets, M. Kuzmich, I. Pashkevich
Supervisor – M. Pozdniakova, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: преимущества и недостатки использование низкотемпературных систем отопления, их виды и экономичность.

Abstract: advantages and disadvantages of using low-temperature systems heating, their types and efficiency.

Ключевые слова: отопление, системы, экономия, теплый пол, радиатор.

Keywords: heating, systems, economy, warm floor, radiator.

Введение

Главной задачей развития технологий является повышение энергоэффективности. В системах отопления наиболее эффективным решением путем является снижение температуры теплоносителя. По этой причине низкотемпературное отопление считается сегодня ключевой тенденцией развития современной отопительной техники.

Низкотемпературная система отопления в ходе эксплуатации расходует меньше теплоносителя, по сравнению с традиционной системой. За счет этого обеспечивается значительная экономия. Ещё одним плюсом является сокращение вредных выбросов в атмосферу. Помимо этого, работа с «мягким» температурным режимом даёт возможность задействовать другие виды оборудования – тепловые насосы или конденсационные котлы [1].

Основная часть

Главной проблемой развития низкотемпературного отопления длительное время оставалось то, что при низкой температуре отопления было очень сложно создать комфортные условия в обогреваемых помещениях. Однако с развитием технологий строительства, позволяющих возводить энергоэффективные здания, эта проблема была решена. Применение современных строительных и теплоизоляционных материалов дает возможность значительно сократить тепловые потери зданий. Благодаря этому низкотемпературная система отопления может качественно и эффективно обогревать дом. Достижимый эффект от экономии теплоносителя значительно превосходит дополнительные затраты, которые приходится нести для теплоизоляции зданий [1].

Низкотемпературные системы обладают множеством преимуществ:

- Существенная экономия денег за счет уменьшения расхода энергоносителя;
- Сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу;
- Улучшение комфорта. Радиатор с малым нагревом в помещении не

- сушит воздух и не создаёт сильные конвективные потоки, поднимающие пыль;
- Безопасность. Об радиатор с низкой температурой нельзя обжечься, чего не скажешь о радиаторе с температурой +80 °С;
- Снижение нагрузки на котлоагрегат, что повышает эксплуатационный ресурс оборудования;
- Открытие возможности применения тепловых насосов, конденсационных котлов и другого оборудования с низким температурным режимом.

Из недостатков можно отметить, что с уменьшением температуры теплоносителя увеличивается его расход. Это требует увеличение диаметров труб, сделав более сложным их изготовление, прокладку и обслуживание, и повысив, тем самым, капитальные затраты на монтаж, наладку и эксплуатацию сетей теплоснабжения [3].

При сильных морозах низкотемпературные системы могут не справиться с обогревом зданий. Но система может быть переведена на работу в более высоком температурном режиме при наличии такой необходимости [1].

По существующим нормативным документам температурный режим системы отопления характеризуется тремя параметрами: температурой теплоносителя на выходе из теплогенератора, на входе в него и температурой воздуха в помещении. Режим, где на выходе из теплогенератора температура теплоносителя не превышает 55 °С, а на входе составляет до 45 °С, считается присущим низкотемпературным системам. Температура воздуха в помещении принимается обычно равной 20 °С. Наиболее распространенные температурные режимы в таких системах – 55/45/20 °С, 45/40/20 °С или даже 35/30/20 °С [3].

К низкотемпературным отопительным приборам относятся:

Водяной теплый пол. Сегодня, пожалуй, лучший способ экономно поддерживать в помещении нужную температуру. Прогретая стяжка, с встроенными трубами, по которым подается теплоноситель, долго отдает накопленную энергию. Водяной теплый пол – это один большой радиатор. В пользу этой технологии и то, что равномерно распределенное по всему источнику отдачи тепло не вызывает конвекции, которая вместе с потоками воздуха переносит пыль, ворс и некоторые микроорганизмы. В хорошо утепленном доме достаточно подавать в полы 30-40 °С и этого будет достаточно для комфортного отопления [2];

Радиаторы, пересчитанные под низкотемпературную систему отопления. Стандартно производители указывают мощность радиаторов исходя из температурного режима 90/70/20 °С. Низкотемпературная система подразумевает подачу 45-50 °С, дельту 10 °С. Т.е. температурный режим будет выглядеть так: 45/35/20 °С [4].

Фанкойлы. Это оборудование относится к воздушной системе отопления. Они чаще используются в не жилых зданиях, хотя в настоящее время все чаще стали встречаться и в частных домах [4].

Интеллектуальное управление

Так как большинство низкотемпературных систем являются гибридными, а также возможно совмещение в одной такой системе функций отопления и кондиционирования, то наибольшей их эффективности и экономичности можно достичь при рациональном управлении всеми составляющими системы. Сегодня для этого применяются системы smart-управления [2].

Без интеллектуального управления невозможно эффективно и в то же время гибко регулировать систему, основываясь на реальных показаниях датчиков, а не на встроенных графиках, не учитывающих условия конкретно взятого объекта теплоснабжения. Когда в проекте используется smart-управление, необходимо только задать первоначальные настройки, а дальше интеллектуальная автоматика будет автоматически их поддерживать [2].

Smart-контроллер отвечает за переключение системы с одного источника тепла на другой. Ежесекундно обрабатывая несколько вводных, контроллер выбирает самый экономичный на данный момент источник тепла. Согласно заданной логике сначала используется тепловая энергия от самого дешевого источника [2].

Применение таких систем интеллектуального управления позволяет дифференцированно задавать температуры в контролируемых помещениях, добиваясь тем самым, кроме экономичности, еще и наивысшего уровня теплового комфорта [2]

Заключение

По сравнению с высокотемпературным режимом, отопление при помощи пониженных температур является более выгодным, экономичным и безопасным. Низкотемпературный газовый котел – это реальная экономия в долгосрочной перспективе. Да такое оборудование стоит дороже обычного газового котла, в перспективе, с учётом роста тарифов на газ вы только выиграете от его покупки. Что касается отопления при помощи альтернативной энергетики, то с каждым годом оно все больше развивается и распространяется в странах Европы. Комбинированные системы, использующие возобновляемые источники энергии и традиционные энергоносители завоёвывают рынок. Такими системами всё чаще интересуются, ведь в перспективе оно позволяет стать, как минимум, частично независимым от внешних факторов. Ведь сейчас на первом месте – экономия тепловой и электрической энергии, а приятным бонусом для вас станет осознание того, что вы способствуете сохранению окружающей среды [2].

Литература

1. Низкотемпературная система отопления с радиаторами. Низкотемпературное отопление // Дом, дизайн, ремонт, декор. Двор и сад. Своими руками [Электронный ресурс] – 2022. – Режим доступа: <https://cafe-ayo.ru/design/nizkotemperaturnaya-sistema-otopleniya-s-radiatorami-nizkotemperaturnoe.html>. – Дата доступа: 16.09.2022.

2. Низкотемпературные системы // Аква-Терм [Электронный ресурс] – 2001-2020. – Режим доступа: https://aqua-therm.ru/articles/articles_500.html. – Дата доступа: 16.09.2022.

3. Низкотемпературные системы теплоснабжения в России // Сантехника Отопление Кондиционирование [Электронный ресурс] – 2002-2022. – Режим доступа: <https://www.c-o-k.ru/articles/nizkotemperaturnye-sistemy-terposnabzheniya-v-rossii>. – Дата доступа: 16.09.2022.

4. Низкотемпературное отопление дома // Тепло Проект [Электронный ресурс] – 2008-2022. – Режим доступа: <https://www.tproekt.com/nizkotemperaturnoe-otoplenie-doma/>. – Дата доступа: 16.09.2022.

УДК 620.92

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ
МНОГОКВАРТИННЫХ ДОМОВ
ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY OF APARTMENT
BUILDINGS**

М.Б. Перехвал

Научный руководитель – И.Л. Иокова, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

M. Perekhval

Supervisor – I. Iokova, Candidate of Technical Science, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в Республике Беларусь уделяется значительное внимание снижению потребления тепловой энергии в жилищно-коммунальном секторе, разработаны и реализованы новые научно-технические и инженерные решения по снижению потребления тепловой энергии при эксплуатации зданий.*

***Abstract:** in the Republic of Belarus, considerable attention is paid to reducing the consumption of thermal energy in the housing and communal sector, new scientific, technical and engineering solutions have been developed and implemented to reduce the consumption of thermal energy during the operation of buildings.*

***Ключевые слова:** энергосбережение, энергоэффективность, энергоэффективный дом, многоквартирный, пути решения, тепловая и электрическая энергия.*

***Keywords:** energy saving, energy efficiency, energy-efficient house, multi-apartment, solutions, thermal and electrical energy.*

Введение

В Республике Беларусь эксплуатируется порядка 264,4 млн. квадратных метров площадей зданий, из которых приблизительно 178 млн. квадратных метров составляет многоквартирные дома.

В существующей структуре жилищного фонда 11% зданий потребляют более 200 кВт·ч на каждый квадратный метр площади в год, 16% – 161-200 кВт·ч/м² в год, 40% – 121-160 кВт·ч/м² в год, 24% – 91-120 кВт·ч/м² в год, 9% – менее 90 кВт·ч/м² в год.

Порядка 28,4 млн. квадратных метров (16%) многоквартирных жилых домов с показателем удельного потребления тепловой энергии на отопление 161-200 кВт·ч/м² в год построены до 1996 года, когда нормативные требования теплозащиты оболочки зданий были ниже существующих. Эти здания затрачивают много энергии, с показателем удельного потребления тепловой энергии в 2 и более раза выше, чем у зданий современной постройки, и требуют первоочередной тепловой модернизации.

В связи с этим в 2020 году населению было отпущено 23,1 млн. Гкал (39,6%) тепловой энергии из 58,3 млн. Гкал, потребленных в стране. При этом следует отметить, что для производства тепловой энергии в основной массе используются не возобновляемые, ископаемые ресурсы, около 84%

общереспубликанского объема потребления которых импортируется в Республику Беларусь.

Стоит понимать, что ископаемые энергоносители постоянно дорожают и оказывают существенное влияние на величину эксплуатационных затрат в жилищном секторе и стоимость коммунальных услуг в отопительный период. Соответственно в республике растет практический интерес к энергосбережению в жилищном секторе как при современной застройке, так и при реконструкции, тепловой модернизации построенных ранее жилых домов.

В связи с этим составление энергетического баланса, снижение потребления зданием энергии до уровня, близкого к нулевому, является одним из приоритетных направлений развития строящегося и существующего жилищного фонда республики. Актуальным вопросом остается определение подходов к реализации концепции «дом нулевой энергии» (энергоэффективный дом) в условиях Республики Беларусь [1].

Основная часть

Энергоэффективный дом – это дом, который не только не зависит от внешних коммуникаций, но может и сам в некоторой мере служить источником энергии. Это становится возможным благодаря рациональному использованию источников тепла и энергии самого дома и окружающей его территории. Проектирование энергоэффективного дома – это комплексная работа, учитывающая многовариантный подход, рациональный выбор теплозащиты ограждающих конструкций, выбор инженерного оборудования и эффективность использования возобновляемых источников энергии. Одна из самых важных составляющих проектирования такого дома – обеспечение экологического и эффективного жизненного цикла здания, то есть такое здание изначально должно быть рассчитано на определенный срок эксплуатации, быть наиболее энергетически эффективным в течение данного срока, и быть безопасно снесено, не нанося своим разрушением вред окружающей среде. Таким образом, жизненный цикл здания изначально определен, рассчитан, и должен быть обеспечен условиями эксплуатации. Средний жизненный цикл для зданий средней этажности составляет 30-40 лет (рисунок 1).

В Республике Беларусь также уделяется значительное внимание снижению потребления тепловой энергии в жилищно-коммунальном секторе, разработаны и реализованы новые научно-технические и инженерные решения по снижению потребления тепловой энергии при эксплуатации зданий. Строительная отрасль освоила производство энергосберегающего оборудования и материалов для строительства энергоэффективных жилых домов и тепловой модернизации эксплуатируемого жилищного фонда, создана необходимая нормативно-правовая база для перехода к массовому проектированию и строительству энергоэффективного жилья.

Для Республики Беларусь нам видятся четыре следующих основных технологических направления преобразования электроэнергии для отопления и горячего водоснабжения жилищного сектора:

- Домовая котельная (ИТП) с электродкотлом, баком-аккумулятором, водяной системой отопления и циркуляционной системой ГВС.



Рисунок 1 – Жизненный цикл здания

- Поквартирные двухконтурные (одноконтурные) электродкотлы с водяной системой отопления и накопительными водонагревателями.
- Поквартирные электрические отопительные приборы с электрическими накопительными водонагревателями.
- Тепловые насосы и гибридные системы с применением тепловых насосов.

На рисунке 2 представлена домовая котельная (ИТП) с электродкотлом, баком-аккумулятором, водяной системой отопления и циркуляционной системой ГВС. Такие варианты могут эффективно использоваться у нас в республике, и уже существуют пилотные проекты [2].

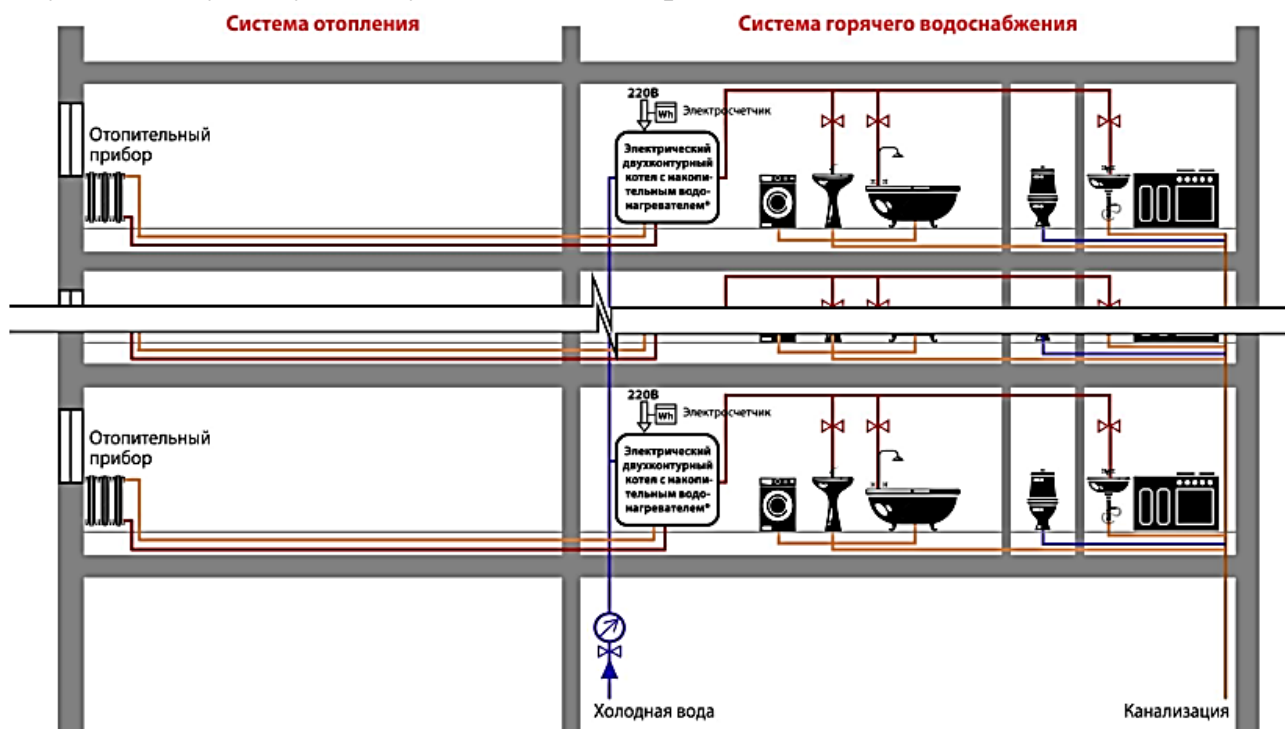


Рисунок 2 – Домовая котельная

Заключение

Основные направления решения названных проблем в ближайшее время включают в себя научные исследования, технологические разработки, подходы к обеспечению экологической безопасности и обеспечение социально-экономических условий и комфортного проживания людей, которые регламентируются программными документами Республики Беларусь.

В настоящее время под эгидой Департамента по энергоэффективности осуществляется реализация энергоэффективных мероприятий, направленных на эффективное и рациональное использование тепловой энергии в многоквартирных жилых домах, с целью снижения их теплопотребления и создания условий для участия граждан и юридических лиц в их реализации в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 04.09.2019 № 327 «О повышении энергоэффективности многоквартирных жилых домов».

Опыт реализации энергоэффективных мероприятий на основе применения инновационных технологических решений термомодернизации и модернизации систем теплоснабжения типовых многоквартирных жилых домов в условиях Республики Беларусь показывает, что только утепление фасада, кровли и замена оконных блоков на энергоэффективные дают возможность снижения на 30% и более затрат на теплопотребление, а при проведении модернизации систем теплоснабжения и отопления, при установке индивидуальных приборов учета экономия тепловой энергии может достигать 60% и более.

Литература

1. Пилипенко, В. М. Энергоэффективность / В. М. Пилипенко // На чем экономить? Стоимость 1 м² против затрат на эксплуатацию: сб. ст. / Энергоэффективность ; сост.: В. М. Пилипенко. – Минск, 2022. – С. 10–12.
2. Китиков, В.О., Башко, Ю.А. Энергоэффективность / В.О. Китиков, Ю.А. Башко // Электрическое отопление: проблемы и пути решения в Беларуси сб. ст. / Энергоэффективность ; сост.: В.О. Китиков, Ю.А. Башко. – Минск, 2022. – С. 12–18.

УДК 621.181.27

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ
OPERATION OF WASTE HEAT BOILERS**

А.В. Чешун, В.М. Терехович

Научный руководитель – И.Н. Прокопеня, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Cheshyn, V. Terehovich

Supervisor – I. Prokopenya, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье идет речь об эксплуатации котлов-утилизаторов.*Abstract:* the article deals with the operation of waste heat boilers.*Ключевые слова:* котлы-утилизаторы, эксплуатация, водоподготовка.*Keywords:* waste heat boilers, operation, water treatment.**Введение**

Котел утилизатор представляет собой теплообменное устройство, не имеющее собственной топки, использующее теплоту газотурбинных установок, печей, выхлопных газов дизелей или сушильных барабанов для передачи энергии тепла или пара в теплую воду или пар, осуществляет подогрев конденсата паровой турбины.

Основная часть

Эксплуатация котлов-утилизаторов сталкивается с рядом определенных трудностей. Для их работы необходима соответствующая подготовка питательной воды, причиной тому является повышение ее жесткости, из-за чего аппарат быстрее выходит из строя. Схемы аминирования производят глубокую очистку питательной воды. Несмотря на хорошую водоподготовку, должна производиться периодическая промывка внутренней поверхности труб, так как в них происходит отложение солей. Так же для нормальной работы котел-утилизатор нуждается в систематической продувке системы. Система водоподготовки котлов-утилизаторов состоит из деаэрационного бака, деаэрационной колонки, насосов и другой аппаратуры. Для котлов-утилизаторов указатели уровня устанавливаются на пульте управления котлом. Из котлов-утилизаторов пароводяная смесь по подъемным трубам поступает в паросборник, откуда насыщенный пар направляют в пароперегреватель в камере конвекции трубчатой печи, где нагревается до 330 - 335 °С за счет тепла дымовых газов. Далее пар среднего давления поступает на технологический процесс конверсии природного газа. Давление технологического пара поддерживают автоматически. Котлы-утилизаторы питают химически очищенной, деаэрированной водой. Использование низкой температуры отходящих газов в котлах-утилизаторах может быть обосновано нехваткой на заводе пара нужных параметров. Применение котлов-утилизаторов для сжигания отбросных газов сажевого производства позволяет полностью выжечь вредные компоненты, а именно СО и НgS, довести остаточное сажесодержание газов до 0,040 г/нм³ и полезно использовать их тепло. Питание котлов-утилизаторов должно быть

бесперебойным, что требует нахождения в рабочем состоянии резервных насосов. Следствием недостаточной очистки питающей воды является образование накипи на стенках труб котлов, а также появление электрохимической и межкристаллитной коррозии. В местах отложения накипи по причине ее плохой теплопроводности и недостаточного охлаждения металла возрастает температура стенок дымогарных труб и появляются перегревы, следствием которых является деформация и разрыв труб. Межкристаллитная коррозия возникает в металле котла в местах местных механических перенапряжений, таких как поверхность развальцовки труб в решетке, при повышенной концентрации солей и щелочей в питающей воде.

Установка котлов-утилизаторов связана с определенными капиталовложениями. Стоит отметить, что высокая температура уходящих газов быстрее окупает вложенные средства.

Пуск котлов-утилизаторов вместе с пуском печи должен производиться специализированной организацией. Разрешение на пуск дает местная инспекция Госгортехнадзора после проведения испытаний и осмотра котлов-утилизаторов. Аппаратчиков котлов-утилизаторов предупреждают об остановке агрегатов. Подают азот в линию кислорода у смесителя конвертора, одновременно ставят рукоятку блокировки в положение выключено. Прекращают подачу в агрегат кислорода, природного газа и пара, открывают линии продувок в атмосферу на трубопроводах этих потоков, продолжая при этом продувку азотом. Останавливают насосы, подающие воду в сатурационную башню и конденсат в испаритель и увлажнитель, прекращают подачу пара. Агрегат оставляют под давлением конвертированного газа, чтобы избежать окисления катализаторов.

Эксплуатация котлов-утилизаторов на запыленных отходящих газах практически невозможна. В подобных случаях используют котлы-утилизаторы специальных конструкций, которые оснащены средствами для удаления пыли и менее подвержены образованию ее отложений.

Отличительная особенность котлов-утилизаторов – необходимость обеспечения пропуска большого количества греющих дымовых газов на единицу вырабатываемого водяного пара. Это отношение является прямой функцией начальной температуры дымовых газов на входе в аппарат и их расходом. В большинстве котлов-утилизаторов тепловоспринимающие поверхности располагаются по ходу продуктов сгорания: пароперегреватель, испаритель и водонагреватель. В данных котлах теплота в основном передается конвекцией.

При наладке котлов-утилизаторов необходимо проверять равномерность и устойчивость циркуляции, регулируя гидравлическое сопротивление змеевиков установкой шайб. Трубная система котлов-утилизаторов имеет различные конфигурации и расположение труб. В котлах-утилизаторах с топкой для сжигания дополнительного топлива воздушный подогреватель может быть заменен на газовойдной.

Отдельные виды котлов-утилизаторов постоянно модернизируются. Условия эксплуатации котлов-утилизаторов в различных производствах весьма разнообразны. Малые скорости обжиговых газов в котлах типа ВТКУ (до 3 м/с) исключают эрозионный износ и самоочистку поверхностей нагрева котла,

следствием чего является интенсивный занос и повышение температуры за котлом и перед электрофильтрами сухой газоочистки. Способствует увеличению отложений на поверхностях нагрева и то, что обслуживающий персонал зачастую допускает длительную работу котлов-утилизаторов с превышением температуры газов на выходе на 100 - 150 °С относительно регламентированной. Вследствие эрозионного износа труб змеевиков срок службы элементов из стали 12Х1МФ составляет всего 6 - 8 месяцев. Пароперегревательные блоки из стали 1Х11В2МФ работают в течение двух лет, но и в этом случае трубы змеевиков подвергаются эрозионному износу. Срок службы испарительных элементов кипящего слоя составляет 3 - 3,5 года. При этом новые типы водотрубных котлов-утилизаторов ВТКУ через 25 - 30 суток требуют остановки для чистки ширмиз-за отсутствия их самообдужки.

При проектировании котлов-утилизаторов, использующих тепловые отходы, следует помнить о содержащихся в греющих газах агрессивных компонентов, например, сернистых газов, поступающих из печей обжига серосодержащего сырья. В случае присутствия горючих составляющих в подводимых к котлу технологических газах имеет место быть предварительное дожигание в радиационной камере, которая в этом случае фактически превращается в топку.

Капитальный ремонт котлов-утилизаторов осуществляется для полного или близкого к полному восстановления их ресурса, предусматривается замена либо восстановление любых его частей. Объем капитального ремонта включает в себя объем текущего ремонта, ремонт барабана котла, замену или бандажирование штуцеров барабана, замену труб поверхностей нагрева, соединительных труб в пределах котла, коллекторов, испарительных и пароперегревательных элементов, ремонт и замену металлоконструкций котла, и восстановление антикоррозионного покрытия металлоконструкций.

В связи с обеспечением стационарными и инвентарными средствами механизации, оптимальными техническими решениями их компоновки при эксплуатации котлов-утилизаторов выявляются конструктивные недоработки. Надежность работы котлов-утилизаторов можно повысить автоматизацией управления производства, где они установлены.

Заключение

Применение котлов-утилизаторов может сохранить около 8% из 17,2% тепла, уходящего в дымовую трубу. Однако следует помнить, что при этом естественная тяга дымовой трубы должна быть заменена работой эксгаустера, потребляющего определенное количество электроэнергии, что снижает эффект от установки котлов-утилизаторов, в особенности если учесть, что получаемый в этом случае пар низких параметров не всегда может быть достаточно эффективно использован.

Литература

1. Что такое котел-утилизатор: принцип работы, конструкция, расчет [Электронный ресурс]/ что такое котел-утилизатор: принцип работы,

конструкция, расчет. -Режим доступа: <https://kotle.ru/gazovye-kotly/kotel-utilizator?ysclid=18s1zna1p1780018721>. – Дата доступа: 28.09.2022.

2. Ремонт котла-утилизатора [Электронный ресурс]/ ремонт котла-утилизатора. -Режим доступа: https://otherreferats.allbest.ru/physics/00158047_0.html?ysclid=18cqgr2imk900177036 – Дата доступа: 28.09.2022.

УДК 664.1

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА САХАРА НА ПРИМЕРЕ
ЖАБИНКОВСКОГО САХАРНОГО ЗАВОДА
TECHNOLOGY OF SUGAR PRODUCTION ON THE EXAMPLE OF THE
ZHABINKO SUGAR FACTORY**

Д.А. Бабинец

Научный руководитель – А.А. Бобич, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D. Babinets

Supervisor – A. Bobich, Candidate of Technical Science, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в данной научной работе рассматривается описание принципа работы Жабинковского сахарного завода.*

***Abstract:** this scientific work considers the description of the work of the Zhabinka sugar factory.*

***Ключевые слова:** сахар, сахарный сок, дефекация, утфель.*

***Keywords:** sugar, sugar juice, defecation, massequite.*

Введение

Среди многообразия производств пищевой промышленности трудно найти второе такое производство, где тепловые процессы применялись бы так широко и имели бы такое же большое значение в технике и экономике, как в сахарном. По своей энергоёмкости, по сложности и стоимости теплоэнергетического комплекса, по неразрывности связей между технологическими и теплоэнергетическими процессами сахарное производство занимает одно из первых мест среди отраслей пищевой индустрии. Энергетическая схема сахарного завода по сравнению с предприятиями других отраслей пищевой промышленности весьма совершенна.

Основная часть

Стоит для начала заметить, что далеко не каждая свекла подходит для производства сахара. Сахарная свекла характеризуется следующими технологическими показателями: сахаристостью, спелостью, состоянием тургора, степенью загрязнённости, концентрацией несахаров в свекловичном соке. Чем выше сахаристость, меньше содержание несахаров и загрязнённость корнеплодов, тем качество свеклы выше. В переработку должны поступать корнеплоды технически спелой свеклы массой 350...500 г с минимальным содержанием примесей (земля, зеленая масса, камни) и хорошим тургором.

Свеклосахарное производство условно делят на три основных отделения: свеклоперерабатывающее, в котором проводят подготовительные операции со свеклой и извлекают свекловичный сок из стружки диффузией; сокоочистительное, в котором очищают диффузионный сок от несахаров и сгущают его до сиропа; продуктивное, где происходит выкристаллизовывание сахарозы из сиропа и оттеков с получением готового продукта. Основными элементами принципиальной технологической схемы являются: очистка свеклы

от посторонних примесей, получение свекловичной стружки, экстрагирование сахара методом диффузии, известково-углекислотная очистка, выпарка сахарного сиропа, сгущение сока и кристаллизация сахара, сушка и хранение сахара. К вспомогательным относят известковое, жомосушения, брикетирования.

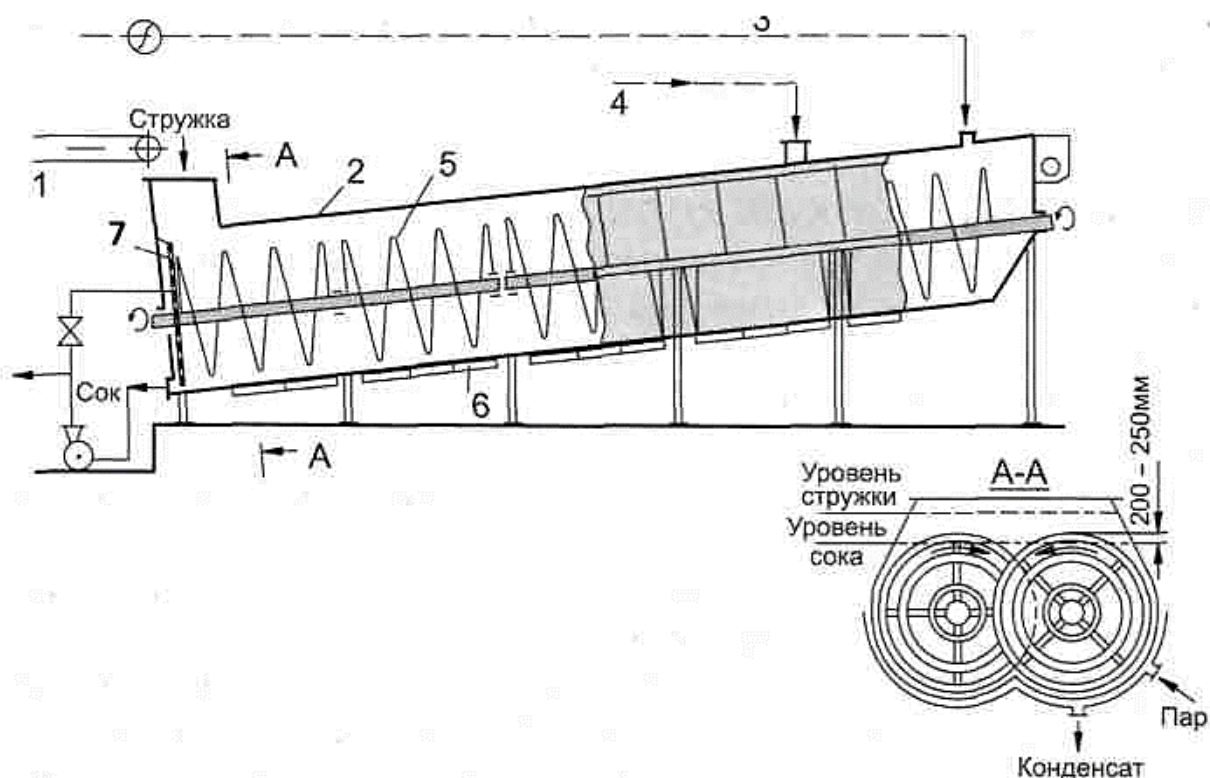
Остановимся на каждом этапе по подробнее:

Очистка свеклы от посторонних примесей относится к свеклоперерабатывающему отделению. На данном этапе свеклу тщательно промывают от посторонних примесей, а так же термически обрабатывают.

Далее свеклу изрезают в стружку необходимого размера. Если размер стружки будет отличаться от стандартного, то в случае его уменьшения процесс диффузии будет проходить гораздо хуже. Если же размер стружки будет больше положенного, то стружка создаст пробку в диффузионном аппарате.

После свекловичная стружка направляется в диффузионный аппарат (рисунок 1).

Он напоминает всем нам знакомую мясорубку, только лезвия с горячей водой движется на встречу свекловичной стружке.



1- стружка; 2 – корпус диффузионного аппарата; 3 – свежая питательная вода ; 4 – жомопрессовая вода; 5 - шнеки ; 6 – паровая камера; 7 – лобовое сито.

Рисунок 1 – Схема наклонного шнекового диффузионного аппарата

Потом полученный сок идёт на очистку, так называемую дефекацию.

Однако сначала у нас идёт процесс преддефекации, т.к. уже в начале XX в. было замечено, что при предварительной обработке диффузионного сока небольшим количеством извести качественные показатели его улучшаются, проявляется коагулирующее действие извести на многие вещества коллоидной

дисперсности и ВМС. С увеличением щелочности образующийся осадок становится плотнее, а сок – прозрачнее.

Основную дефекацию проводят сразу после преддефекации без промежуточного фильтрования. Здесь также различают холодную, теплую и горячую основную дефекации, т. е. обработку сока известковым молоком при температуре соответственно ниже 50, 50...65 и 85...88 °С. На преддефекации под действием ионов гидроксила и кальция полностью заканчиваются реакции нейтрализации кислот диффузионного сока, коагуляции и осаждения веществ коллоидной дисперсности, ВМС, а также реакции осаждения большей части анионов фосфорной, щавелевой, уксусной, лимонной, оксалимонной, яблочной, винной кислот и катионов солей магния, алюминия и железа. Но реакции разложения ряда органических нес сахаров, содержащихся в диффузионном соке, на преддефекации только начинаются, и для их завершения необходимы более высокие щелочность, температура и продолжительность реакции. Поэтому главная задача основной дефекации – разложение амидов кислот, солей аммония, редуцирующих веществ, омыление жиров, доосаждение анионов кислот, а также создание избытка извести, необходимой для получения достаточного количества CaCO_3 на I сатурации. Если реакции разложения не завершены в сокоочистительном отделении, то, продолжаясь на следующих стадиях технологического процесса, они будут снижать качество сиропа и сахара.

Дефекованный сок, содержащий коагулят, гидроксид кальция в растворе и осадке, подают на I сатурацию, где обрабатывают сатурационным газом. Вследствие карбонатации образуется карбонат кальция, частицы которого, обладая положительным зарядом, адсорбируют отрицательно заряженные нес сахара – продукты распада редуцирующих веществ, красящие вещества, соли карбоновых кислот и др. Причем удаление растворимых солей карбоновых кислот зависит от члена гомологического ряда, представляемого данной кислотой. Чем он выше, тем больше солей будет удалено. Следовательно, если на преддефекации и основной дефекации осуществляется химическая очистка сока путем коагуляции, осаждения и разложения нес сахаров, то на I сатурации происходят физико-химическая очистка сока адсорбцией и формирование хорошо фильтрующегося осадка.

Далее сок идёт на фильтрацию. Фильтрование сатурированного сока – это разделение суспензии при помощи пористой фильтрующей перегородки на условно чистую жидкость (фильтрат) и влажный осадок, называемый фильтрационным.

Далее сок сгущают.

После чего сок с I сатурации ещё поступает на II сатурацию. Цель II сатурации – достижение оптимальной (эффективной) щелочности. Повторную обработку диоксидом углерода проводят для того, чтобы перевести оставшиеся после I сатурации свободные гидроксиды кальция, калия и натрия в карбонаты, а также вывести в осадок растворимые соли кальция.

После чего происходит сульфитация сока II сатурации. Сульфитацией называют обработку сахарных растворов диоксидом серы. По технологической

схеме сульфитации подвергают фильтрованный сок II сатурации, смесь сиропа с клеровой и воду, подаваемую на диффузию.

Сульфитированный очищенный сок II сатурации – это ненасыщенный раствор сахарозы и оставшихся в нем несахаров. При сгущении до пересыщения сахароза начинает осаждаться в виде кристаллов, что является конечной целью технологического процесса. Сгущение очищенного сока проводят в два этапа: сначала выпаривают воду в выпарной установке до состояния, близкого к насыщенному, а затем – в вакуум-аппаратах до пересыщения с последующей массовой кристаллизацией. Всего из очищенного сока удаляется 100...115 % воды к массе свеклы. Разделение процесса сгущения сока выпариванием на два этапа обусловлено необходимостью сократить расход теплоты на выпаривание такого большого количества воды. На первом этапе к воду выпаривают в многокорпусной выпарной установке, многократно используя отработавший в турбине пар (ретурный).

Сок сгущают в выпарной установке (рисунок 2), которая является наиболее крупным потребителем отработавшего пара и одновременно генератором пара для технологических нужд. В ней пар более высокого потенциала преобразуется в пар с пониженными давлением и температурой, который затем используют для нагревания различных промежуточных продуктов. По важности выполняемых функций выпарная установка занимает центральное место в технологической и тепловой схемах завода. От работы выпарной установки зависят производительность завода, расход топлива, потери сахара и его качество

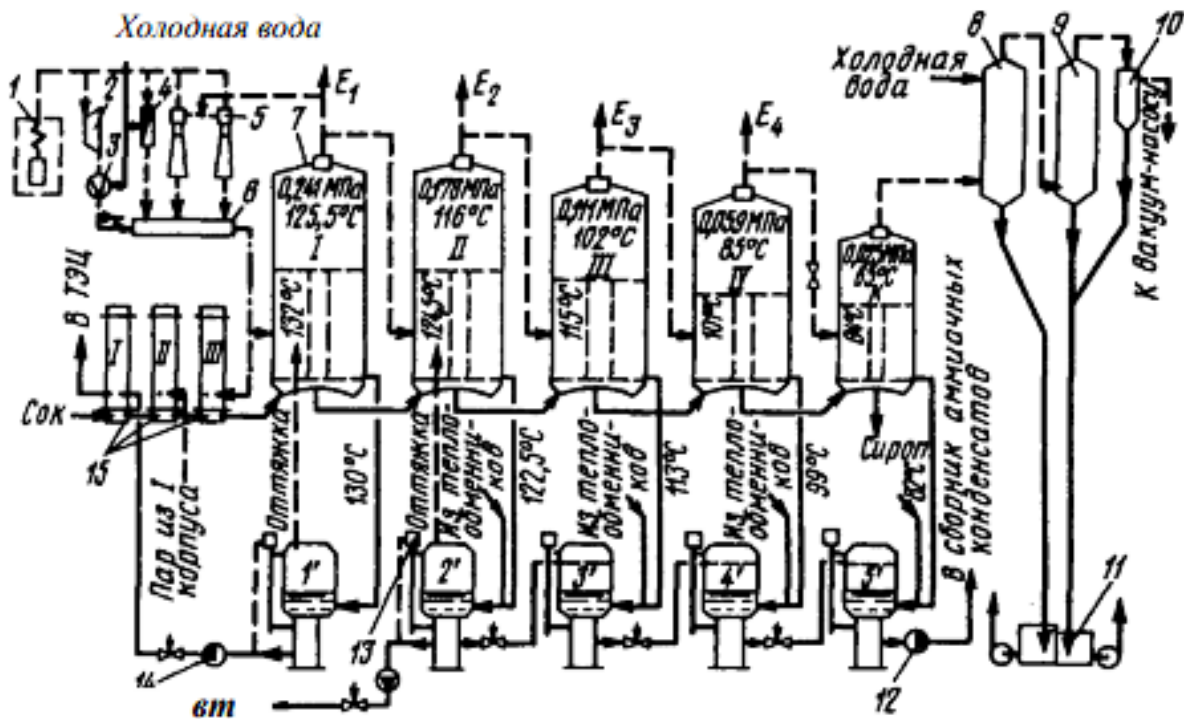


Рисунок 2 – Пример схемы многокорпусной выпарной установки

Кристаллизация – завершающий этап производства сахара. Цель кристаллизации – выделить сахар, растворенный в сиропе, в виде кристаллов. В

процессе известково-углекислотной очистки из диффузионного сока удаляют около 1/3 несахаров, остальные несахара вместе с сахарозой поступают в продуктовое отделение, где сироп сгущают до пересыщения и из него выкристаллизовывается сахароза, а несахара остаются в межкристальном растворе. Выделение сахарозы из раствора кристаллизацией проводят в 2 или 3 ступени (рисунок 3). На первой ступени, когда содержание кристаллов в утфеле достигнет примерно половины (по массе), а утфель станет вязким и малоподвижным, кристаллы отделяют в поле центробежных сил, а межкристальный раствор вновь сгущают на второй ступени до пересыщения и выкристаллизовывают остальную сахарозу. Небольшую часть сахарозы удаляют с завода вместе с отходом производства – мелассой.

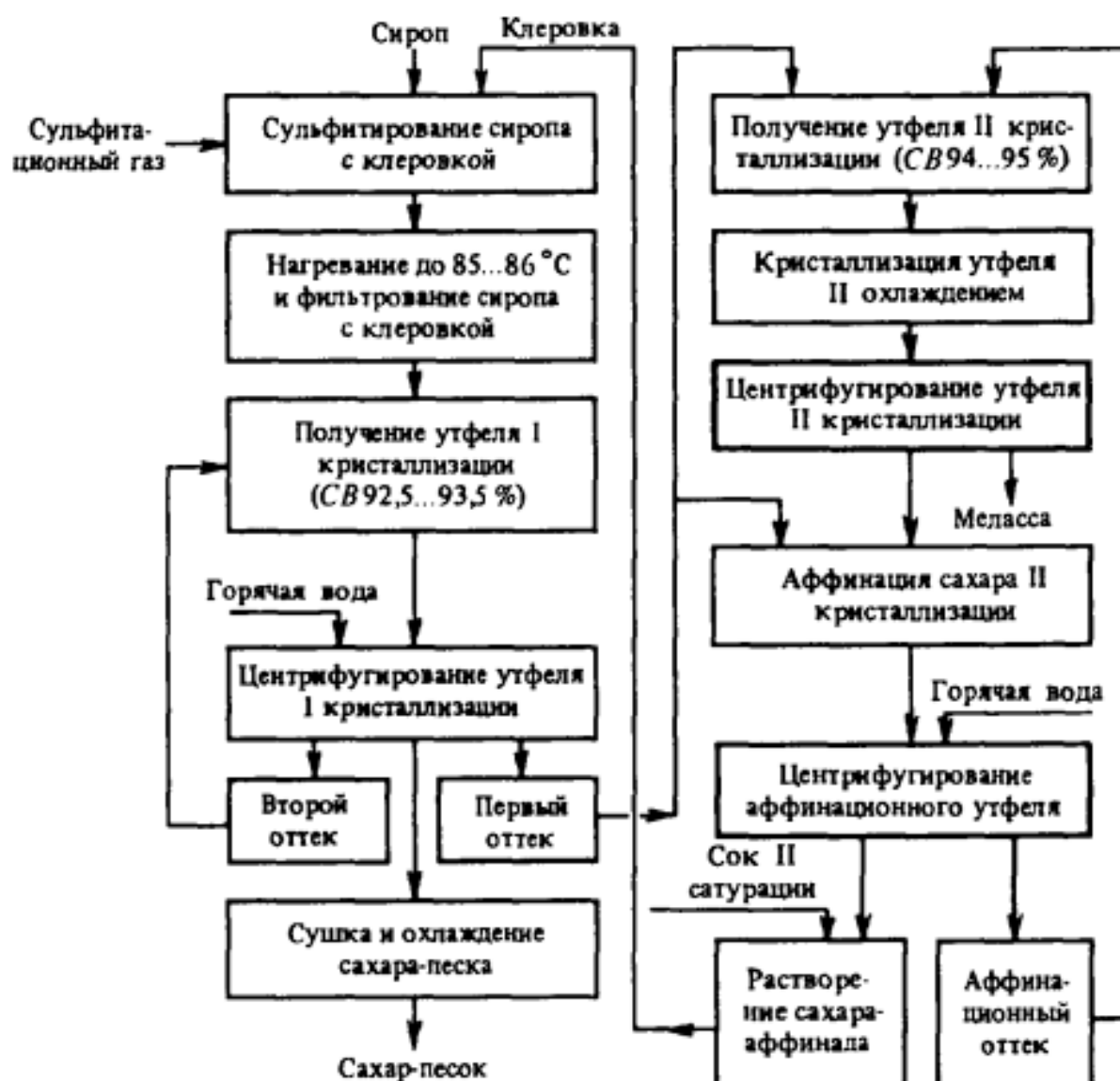


Рисунок 3 – Принципиальная технологическая двухкристаллизационная схема продуктового отделения

Стоит заметить, что утфель представляет собой суспензию, состоящую из двух фаз: твердой (кристаллы сахара) и жидкой (межкристальный раствор). Чтобы получить кристаллический сахар, твердую фазу отделяют от жидкой гидромеханическим способом – на центрифугах. Этот процесс называют центрифугированием или центробежным фильтрованием. Центробежная сила, возникающая при вращении ротора центрифуги с утфелем, во много раз больше силы тяжести, поэтому разделение твердой и жидкой фаз происходит очень быстро.

Из центрифуг с механической выгрузкой выходит сахар-песок с содержанием влаги до 1,5 %. Такой сахар необходимо сушить, так как в нем образуются комки, а при транспортировании влажные кристаллы легко повредить. Поэтому сахар-песок высушивают подогретым воздухом до содержания влаги 0,14 % при хранении в мешках и до 0,04 % – при бестарном хранении в силосах, а затем охлаждают до температуры 22...25 °С. Так как почти вся влага находится на поверхности кристаллов (в пленке), сахар-песок высушивается легко.

Конечный этап – это хранение сахара. Он хранится в основном в силосах и же запаковывается в пакетики по несколько грамм или килограмм, а так же в мешки.

По качеству сахар-песок должен соответствовать требованиям ГОСТ 21: чистота не менее 99,75 %; содержание редуцирующих веществ не более 0,05 %; содержание золы не более 0,04 %; цветность сахара на 100 частей сухих веществ не более 0,8 усл. ед. (или не более 104 усл. ед. оптической плотности); содержание влаги не более 0,14 %, ферропримесей не более 0,0003 % к массе СВ. По внешнему виду сахар-песок должен быть белым, однородным по величине кристаллов, с минимальным количеством сросшихся кристаллов (друз) и кристаллической «муки» (мельчайших кристалликов, проходящих через сито с отверстиями диаметром 0,25 мм). Коэффициент однородности, выражаемый отношением суммы двух наибольших по массе смежных фракций (например, масса кристаллов, проходящих через сита с отверстиями диаметром 1,0...0,75 и 0,75...0,5 мм) к общей массе сахара-песка, должен быть не менее 80 %. Размер кристаллов сахара-песка колеблется в интервале 0,2...2,5 мм. По их размеру различают крупную (1,5...2,5 мм), среднюю (0,5...1,5 мм) и мелкую (0,2...0,5 мм) фракции сахарпеска, в 1 г массы которых содержится соответственно около 1500, 3000 и 5000 кристаллов. Кристаллы сахара-песка должны быть прозрачными, с ровным блеском и ясно выраженными гранями, а растворы, приготовленные из них, прозрачными, термоустойчивыми, свободными от микроорганизмов и нерастворимых осадков, не иметь запаха, легко фильтроваться и не пениться.

Заключение

ОАО «Жабинковский сахарный завод» с 1963 г. успешно работает, производит сахар и побочные продукты – мелассу, свекловичный жом. Свою продукцию завод поставляем на рынок Беларуси и отправляет на экспорт. На всех этапах развития ОАО «Жабинковский сахарный завод» придерживается главного принципа: выпускать только высококачественную продукцию, потому

что качество и безопасность пищевой продукции – гарант надежности. Накопленный опыт, современные технологии, высокая квалификация персонала, способного решать сложные задачи, как технические, так и экономические, позволяют предприятию занимать прочные позиции в отрасли. ОАО «Жабинковский сахарный завод» гарантирует высокое качество и безопасность продукции.

Литература

1. Сапронов А. Р. Технология сахарного производства, 1999. –491 с.
2. Колесников В. А., Начаев Ю. Г. Теплосиловое хозяйство сахарных заводов, 1980. – 387 с.

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ****ДИЛЕММА ВЫБОРА РАЗВИТИЯ МЕЖДУ ТРАДИЦИОННЫМИ И АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ**

В.И. Апцешко, К.С. Лыса

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ОРУЖИЕ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

И.В. Будилович, А.В. Калинина

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

К.Д. Годун, П.Н. Калачик

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент

ВОДОРОД-ТОПЛИВО БУДУЩЕГО

Д.С. Клепчуков, Д.М. Славянков

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент

ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ, ВЫЗВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Д.В. Козлов, Ф.Ч. Эмесибе

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент

УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ СКАЧКОВ НАПРЯЖЕНИЯ

Д.С. Савчук

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ В РБ

А.А. Бельский, С.Д. Дуброва

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент

ИННОВАЦИИ В ПОСТРОЕНИИ ТЭЦ, МИНИ-ТЭЦ

А.А. Жолнерович, Ф.Д. Гриб

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР

А.А. Спиридович, В.И. Лепеш

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

А.Г. Мозырчук

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Д.А. Петрович, М.С. Германович

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент

ЭФФЕКТ ЗЕЕБЕКА И ПЕЛЬТЬЕ

Н.А. Романов, И.В. Романовский
Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент

ХОЛОДНЫЙ ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ. ГЕНЕРАТОР ПОТАПОВА

М.С. Ляшевич, И.С. Вашкевич
Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент

АККУМУЛЯТОРЫ, ЭЛЕКТРОМОБИЛИ

М.Н. Бондаренко
Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент

ПРОБЛЕМЫ 6G СЕТЕЙ

Д.И. Чернявский
Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент

ДВИЖЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОДУШКИ

Л.Ч. Вороник, М.О. Слизавский
Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Е.С. Павич, М.А. Мякина
Научный руководитель – В.В. Зеленко, старший преподаватель

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ НА СУДАХ

А.В. Максимович, И.В. Калиновский
Научный руководитель – В.В. Зеленко, старший преподаватель

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

К.С. Юркевич, А.В. Синявская
Научный руководитель – В.В. Зеленко, старший преподаватель

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

В.С. Устюжанина, М.А. Максимчук, М.Ю. Федькин
Научный руководитель – В.В. Зеленко, старший преподаватель

УСТРОЙСТВО РАБОТЫ КОНТРОЛЛЕРА ХОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

И.Е. Трипутин, В.А. Теплый
Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ

Т.А. Глушков, А.Д. Шевченко
Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

ЭВОЛЮЦИЯ ЦИФРОВЫХ КАМЕР В СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНАХ И ФОТОАППАРАТАХ

Д.Я. Мисюля, К.С. Кадлубай
Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

ИОНИЗАТОРЫ. УСТРОЙСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ

А.С. Касюль, Р.Р. Громада
Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТРАНСМИССИЯ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

А.В. Ласовский, И.П. Шах

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

И.В. Артименя, Е.Е. Каплич, Ю.О. Щур

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЕЙ

А.В. Пархимчик, А.С. Абакунчик

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

ЭХОЛОКАТОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ МОРСКИХ ГРУНТОВ

Р.В. Баршевич, Е.С. Малахвей, С.С. Мартиновский

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Е.В. Середа

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

ЭЛЕКТРОАВТОМОБИЛИ И ИХ УСТРОЙСТВО

А.А. Долгий

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ

З.В. Мартынович, А.А. Середич

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

ЭЛЕКТРОПРИВОД АВТОМОБИЛЕЙ

Н.В. Гарбуз, В.И. Каминская

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ, ГЕНЕРАТОРЫ И РЕЛЕ-РЕГУЛЯТОРЫ АВТОМОБИЛЕЙ

Ю.А. Макаревич

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

МИКРОПРОЦЕССОРЫ В АВТОМОБИЛЯХ

Г.А. Ильичев, А.А. Шляхтичев

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.В. Казейка

Научный руководитель – О.А. Пекарчик, старший преподаватель

УДК 621.311

**ДИЛЕММА ВЫБОРА РАЗВИТИЯ МЕЖДУ ТРАДИЦИОННЫМИ И
АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ****THE DILEMMA OF CHOOSING DEVELOPMENT BETWEEN
TRADITIONAL AND ALTERNATIVE ENERGY SOURCES**

В.И. Апцешко, К.С. Лысая

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

V. Aptseshko, K. Lysaya

Supervisor – S. Sizikov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье рассматривается одна из современных проблем энергетики - трудность выбора между направлениями развития энергетики. Основные преимущества и недостатки традиционных и альтернативных источников энергии рассматриваются в обобщенном виде, на основе чего делается вывод о том, какие источники энергии в настоящее время являются наиболее перспективными.

Abstract: this article considers one of the modern problems of energy - the difficulty of choosing between the directions of energy development. The main advantages and disadvantages of traditional and alternative energy sources are considered in a generalized form, based on which the conclusion is made about which energy sources are currently the most promising.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, традиционные источники энергии, энергия, развитие, энергетика, запасы.

Keywords: alternative energy sources, traditional energy sources, energy, development, reserves.

Введение

С течением времени менялись и развивались методы получения электрической энергии: с развитием технологий первый гальванический элемент преобразовался в современные электрические батареи, а от угля и пара человечество частично перешло к энергии солнца и ветра. Вот только переход от одной технологии к другой всегда связан с вложением дополнительных средств, в связи с этим не многие сразу решаются на данное мероприятие. В этом и проявляется дилемма выбора развития между традиционными и альтернативными (инновационными) источниками энергии. Выбор одной из двух противоположностей одинаково труден, порождает риски, но и открывает определенные возможности.

Основная часть

Широко известно, что уровень развития отрасли электроэнергетики определяет производительность труда и уровень развития страны, ибо электроэнергетика является стержнем всех видов человеческой деятельности. В то же время энергетика – один из источников неблагоприятного воздействия на

окружающую среду и человека, но несмотря на это, энергетика развивается и будет развиваться ещё многие годы.

На данный момент в мире по большей мере преобладают традиционные способы выработки энергии – уголь, нефть и природный газ, но получение энергии данными методами сопряжено с рядом экологических и экономических проблем: парниковый эффект, истощение запасов полезных ископаемых, а стоимость их добычи поднимается в несколько раз, также не стоит забывать про пожароопасность некоторых источников энергии. Однако главной проблемой традиционных источников энергии являются именно истощение их запасов и неблагоприятное влияние на окружающую среду [1].

Что касается альтернативных источников энергии, таких как солнечная, ветряная, геотермальная энергетика, биотопливо и других, они не загрязняют окружающую среду, помогают снизить уровень выбросов парниковых газов в атмосферу, уменьшить последствия изменения климата. Они практически неисчерпаемы, в то время как запасов ископаемого топлива становится заметно меньше [2].

Однако, альтернативная энергия имеет ряд отрицательных факторов, которые сдерживают ее развитие:

- низкая стоимость традиционных источников энергии;
- недостаточное инвестирование для развития отрасли альтернативной энергетики;
- недостаточность научной и технологической базы;
- отсутствие информирования заинтересованных сторон;
- значительные капитальные затраты и недостаточность опыта по реализации подобных проектов.

Описанный выше набор отрицательных факторов в полной мере может отсутствовать у ряда стран, однако это основные сдерживающие факторы, которые часто мешают реализации альтернативной энергетики.

На данный момент для широкого развития альтернативной энергетики есть ограничения. Работа электростанций на возобновляемых источниках энергии зависит от различных климатических условий (сила ветра, количество солнечных дней, наличие водоемов) в зависимости от того, какой альтернативный источник используется. Не существует универсальных методов их использования, которые были бы применимы ко всем типам электростанций на альтернативных источниках энергии. В каждом конкретном случае станция будет иметь какие-то свои особенности. Для того чтобы использовать энергию альтернативных источников, нужно приложить больше усилий (и денежных вложений) в момент их разработки и постройки [3].

При этом главным препятствием для развития альтернативной энергетики являются производители традиционных источников энергии. Их вполне устраивает то, как работает отрасль традиционных источников энергии, поэтому многие относятся к предложениям о внедрении на собственное предприятие каких-либо альтернативных источников энергии как к лишним и вовсе не нужным затратам времени и капитала. Хотя они проявляют некую заинтересованность к новым технологиям и финансируют научно-

исследовательские программы в этой области, в то же время не спешат внедрять их в массовое производство.

Заключение

Традиционные источники энергии останутся приоритетными, во всяком случае, в ближайшие несколько десятков лет, поскольку альтернативные источники энергии пока не способны полностью заменить традиционные. На данный момент альтернативные источники рассматриваются как локальные заменители, которые используются для обеспечения энергией небольших геолокаций. Однако нельзя исключать дальнейшего изучения и развития альтернативных источников, которые могут привести к их преобладанию над традиционными источниками энергии в будущем.

Литература

1. Преимущества и недостатки различных источников энергии [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://climate-box.com/ru/textbooks/>. – Дата доступа: 19.10.2022.

2. Альтернативные виды энергии: плюсы и минусы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://susanin.news/articles/alternativnye-vidy-energii-plyusy-i-minusy/>. – Дата доступа: 19.10.2022

3. Альтернативные источники энергии: виды и использование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.irb.basnet.by/ru/alternativnye-istochniki-energii-vidy-i-ispolzovanie/> . – Дата доступа: 19.10.2022.

УДК 621.373

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ОРУЖИЕ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ
ELECTROMAGNETIC WEAPONS AND THEIR APPLICATIONS**

И.В. Будилович, А.В. Калинина

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Budilovich, A. Kalinina

Supervisor – S. Sizikov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk*Аннотация: передача электроэнергии с помощью электромагнитного оружия.**Abstract: transmission of electricity using electromagnetic weapons.**Ключевые слова: электромагнитные волны, электроэнергия, распространение энергии, напряжение.**Keywords: electromagnetic waves, electricity, energy propagation, voltage.***Введение**

Направлений использования электроэнергии неисчислимо множество. С помощью неё мы можем видеть в темноте или же передвигаться на больших скоростях. К тому же электричество один из самых экологичных видов энергии.

На данный момент все больше и больше работ ведутся в области развития электроники и электротехники.

Один из более перспективных путей исследования в области электроэнергии, это электромагнитные импульсы и их применение как в быту, так и в военных целях.

Передача электроэнергии на расстоянии и «безопасное» оружие - вот чем является электромагнитный импульс.

Я бы хотел рассмотреть применение электромагнитного импульса в виде оружия, или же электромагнитного оружия (ЭМИ).

Основная часть

Электромагнитное оружие (далее ЭМИ), служит для многих целей. В первую очередь для защиты от ракетных ударов и поражения противника [4].

Я считаю, что ЭМИ, это путь к безопасности и гуманности. С помощью Электромагнитных импульсов мы можем выводить из строя любую технику или же людей, без сильного вреда организму.

ЭМИ делятся на два типа:

- Система активного отбрасывания;
- Электромагнитная бомба.

Рассмотрим принцип действия электромагнитной бомбы.

Электромагнитная бомба - это своеобразный генератор радиоволн на больших мощностях. Эти радиоволны передают напряжение в определенном радиусе. Это напряжение, которое передаётся по воздуху, переходит в электрооборудование, при этом выводя его из строя с помощью создания перенапряжения в цепях и платах. В большинстве эти волны абсолютно безопасны для человека.

ЭМИ также можно использовать для подавления сил противника без нанесения сильного вреда самому человеку. Если с помощью «электромагнитной бомбы» генерировать радиоволны с частотой в диапазоне 3-50 Гц, то людям, находящимся в поле действия данной «бомбы», а точнее в радиусе действия электромагнитного поля, будет становиться плохо. Этот диапазон частоты волн является собственной частотой мозга человека. Поэтому волны, генерируемые нашей бомбой, интерферируют с волнами головного мозга человека при этом изменяя диапазон частот волн самого мозга [5]. Если эти волны совпадают по фазе, то есть два варианта развития событий:

- Они совпадают по фазе;
- Они противоположны по фазе.

Рассмотрим первый случай:

Если две наши радиоволны интерферируют при совпадении из фаз, то они накладываются друг на друга, при этом создавая колебания с удвоенной амплитудой [1]. При возрастании амплитуды волны частота волн мозга возрастает, что приводит к отключению некоторых функций головного мозга [5].

Во втором же случае когда волны будут противоположны по фазе, волны будут гасить друг друга, что приведёт к полному или частичному исчезновению волн мозга человека. При этом человек сразу потеряет сознание [5].

Но, как не печально, оружие остаётся оружием и в неправильных руках может использоваться не в благих целях. Это устройство может быть, как безвредным для человека, так и вовсе убить его при неправильно подобранной частоте радиоволнового излучения.

С помощью ЭМИ, а точнее с помощью электромагнитных волн, генерируемых данным устройством мы можем передавать электричество на расстоянии.

Это становится возможным благодаря электромагнитной индукции исходящей из нашей катушки индуктивности. В нашей обмотке с помощью переменного тока, создаётся переменное магнитное поле. Наше магнитное поле действует на обмотку второй катушки, индуцируя в ней электрический ток. Минус такого метода состоит в том, что катушки должны находиться в непосредственной близости друг от друга, примерно одна шестая от длины волны генерируемой нашей катушкой [2].

Также с помощью резонанса колебательного контура мы можем увеличить дальность передачи электрической энергии таким методом. При этом наши катушки должны быть настроены на одну и ту же частоту [2].

Беспроводные зарядки для мобильных телефонов, электрических зубных щёток и других устройств повседневного применения это и есть применение принципа электродинамической индукции.

Такие зарядные устройства были созданы благодаря тому самому ЭМИ и их принципу действия.

Есть случаи, когда электромагнитные волны заряжали конденсаторы и батареи в каком-либо устройстве. Например, на Гавайях во время тестирования США водородной бомбы, электромагнитный импульс созданный самой бомбой повредил систему электроснабжения. В то же время, на радиостанции

находящейся непосредственно на Гавайях в устройстве передачи радиоволн зарядились все конденсаторы, и из-за перенапряжения все они взорвались [3].

Выведем формулу, по которой сможем определить, с какими параметрами нужно запустить катушку индуктивности, чтобы передавать энергию на определенное расстояние [1].

$$\Phi = L \cdot I \Rightarrow L = \frac{\Phi}{I}$$

$$\lambda = 2\pi c \sqrt{LC}$$

$$\lambda = 2\pi c \sqrt{\frac{\Phi C}{I}}$$

где c – скорость света, м/с;

λ – длина волны, м;

C – емкость конденсатора, Ф;

L – индуктивность, Гн.

Формула ЭДС самоиндукции:

$$E = L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad (1)$$

Длина волны магнитного поля:

$$\lambda = 2\pi c \sqrt{LC}, \quad (2)$$

Из формулы (1) выведем индуктивность:

$$L = E \frac{\Delta t}{\Delta I}, \quad (3)$$

Подставим в формулу номер 2:

$$\lambda = 2\pi c \sqrt{EC \frac{\Delta t}{\Delta I}}, \quad (4)$$

Емкость плоского конденсатора:

$$C = \frac{q}{U}, \quad (5)$$

Подставим формулу 5 в выведенное ранее выражение 4:

$$\lambda = 2\pi c \sqrt{E \frac{q \Delta t}{U \Delta I}}, \quad (6)$$

где c – скорость, м/с;

E – ЭДС самоиндукции, В;

q – заряд ($q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл), Кл;

Δt – время прохождения самоиндукции, с;

ΔI – изменение силы тока, А.

Выводы

Из этого случая можно сделать вывод о том, что с помощью мощных генераторов электромагнитных волн мы можем передавать электроэнергию на большие расстояния. Это несомненно приведёт к удешевлению электроэнергии из-за небольшой стоимости таких конструкций, но в то же время и увеличит цену из-за маленького КПД. Но сам факт того, что можно будет просто зайти домой и твой телефон или же ноутбук уже будут в режиме зарядки, невероятен.

Литература

1. Электромагнитные поля и волны. [Книжный ресурс] Стрекалов Юрий Анатольевич, Стрекалов Анатолий Васильевич. Дата доступа: 20.10.2022
2. Передача электромагнитной энергии [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://foxford.ru/wiki/fizika/peredacha-elektromagnitnoy-energii>. Дата доступа: 21.10.2022.
3. Дело номер 12.34.2 от 01.11.1952 расследование ВС США. «Воздействие Водорода». - Режим доступа: <https://collections.arsen-archives.org/en/search>. Дата доступа: 23.10.2022.
4. Электромагнитное оружие в современной армии. Локации и этапы его развития. [Книжный ресурс] Виктор Млечин. Дата доступа 29.10.2022.
5. Электромагнитное излучение и ваше здоровье. [Книжный ресурс] Геннадий Малахов. Дата доступа 03.11.2022.

УДК 338.23

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ENERGY POLICY OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

К.Д. Годун, П.Н. Калачик

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

K. Godun, P. Kalachik

Supervisor – S. Sizikov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в данной работе рассмотрены главные проблемы энергетической эффективности, представлены основные приоритеты энергетической политики Республики Беларусь, а также направления развития и цели энергетических стратегий.*

***Abstract:** this paper examines the main problems of energy efficiency, presents the main priorities of the energy policy of the Republic of Belarus, as well as the directions of development and goals of energy strategies.*

***Ключевые слова:** энергетическая политика, энергоэффективность, энергоресурсы.*

***Keywords:** energy policy, energy efficiency, energy resources.*

Введение

Одной из актуальных проблем двадцать первого века для Республики Беларусь является энергетическая эффективность. Так как Беларусь не располагает достаточным количеством собственных энергетических ресурсов, проблема оптимизации развития и осуществление возложенных функций на энергетический сектор находятся в приоритете. Ключевой целью энергетической политики является повышение эффективности использования энергии как средство для снижения затрат общества на энергоснабжение и обеспечение устойчивого развития страны [3].

Основная часть

Основными направлениями развития энергоэффективности в сфере законодательства, управления и организации выделяют:

- энергосбережение;
- снижение энергоемкости экономики;
- развитие атомной энергетики;
- обновление действующих и строительство новых электростанций;
- расширение импорта энергии;
- развитие энергетических источников на местных видах топлива;
- использование возобновляемых источников энергии.

В настоящее время Республика Беларусь состоит во многих интеграционных объединениях, целями которых являются совместные решения геополитических, экономических, технологических и экологических вопросов в области топливно-энергетического комплекса. Страна занимает удобное

географическое положение для проведения транзита энергии между Россией и Европейским Союзом, но при этом остается зависимой от импорта энергии [3].

Беларусь находится в уязвимом положении, которое обусловлено зависимостью от закупок газа и нефти. В связи с этим потребители сталкиваются с нестабильными затратами на энергоносители.

Государственное регулирование цен является одной из самых приоритетных функций государственного регулирования электроэнергетики в условиях рыночной экономики. Основным принципом – поддержание прибыли предприятия на уровне, достаточном для его существования и развития. Правительство осуществляет контроль над ценами: устанавливает предельно допустимые границы, исходя из необходимости поддержания должного уровня прибыльности и эффективности предприятия, возможностей его развития и так далее [1].

Так, основными приоритетами энергетической политики и стратегией Беларуси являются стремление к обеспечению безопасности энергоснабжения и уменьшение зависимости от импорта энергии.

Выделяют следующие цели энергетической стратегии:

- обеспечение надежного и устойчивого энергоснабжения национальной экономики;
- максимальное использование местных и возобновляемых источников энергии;
- совершенствование энергосистемы страны на основе современных энергоэффективных технологий и оборудования;
- эффективное использование топливно-энергетических ресурсов и энергосбережение.

Одним из наиболее важных направлений является разнообразие видов топлива и поставщиков энергоресурсов в энергетическом балансе путем сокращения использования природного газа в качестве первичного топлива для производства электрической и тепловой энергии, а также строительства атомных, угольных и гидроэлектростанций с высокими заданными мощностями [3].

Таким образом, выбор правильной стратегии развития в сфере электроэнергетики напрямую связан с созданием и осуществлением в Республике Беларусь системы рынков: электроэнергии, топлива, энергетического оборудования, энергетической продукции [1].

Заключение

Подводя итоги вышесказанному и опираясь на все вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что недостаточное количество топливно-энергетических ресурсов, значительные затраты на энергопотребление в экономике, высокая доля природного газа в топливно-энергетическом балансе республики, значительная степень эксплуатации главных фондов по производству в топливно-энергетическом объединении, большие финансовые расходы на ввозимые ресурсы энергии, транзит топливно-энергетических ресурсов и, как следствие, зависимость страны от импорта энергоресурсов – все это является факторами, которые ослабляют энергетическую политику государства [2].

Литература

1. Белый, С. Б. Функции и особенности управления электроэнергетическим комплексом в период его реформирования / С. Б. Белый, Т. Г. Поспелова, П. В. Якубович // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2003. – № 3. – С. 75-89.
2. Ефимова, Ю. В. Проблемы энергетики в Республике Беларусь / Ю. В. Ефимова, В. В. Латош ; науч. рук. И. Е. Мигуцкий // Актуальные проблемы энергетики : материалы 70-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет. Секция 4: Тепловые электрические станции. – Минск : БНТУ, 2014. – С. 208-209.
3. Энергетическая политика Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ddu42grodno.schools.by/pages/energeticheskaja-politika-respubliki-belarus>. – Дата доступа: 20.10.2022.

УДК 624.97

**ВОДОРОД-ТОПЛИВО БУДУЩЕГО
USE OF WIND ENEGRY IN BELARUS**

Д.С. Клепчуков, Д.М. Славянков

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D. Klepchykou, D. Slavynkou

Supervisor – S. Sizikov, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье рассматривается полная производственная цепочка, учитывающая различные способы производства, хранения и использования водорода в транспортном и энергетическом секторах. Экономическая конкурентоспособность этих цепей анализируется в сравнении с решениями, основанными на межцепочечном и альтернативном использовании топлива. Этот анализ позволяет определить наиболее перспективные области для развития водородной промышленности.

Abstract: complete production chains are considered, taking into account various methods of obtaining, storing and subsequent use of hydrogen in transport and in the electric power industry. A comparative analysis of the economic competitiveness of these chains among themselves and in comparison with solutions based on the use of alternative fuels was carried out. The analysis made it possible to identify the most promising directions for the development of the hydrogen industry.

Ключевые слова: водородная энергетика, технологии, экономика, конкурентоспособность, водород.

Keywords: hydrogen energy, technologies, economics, competitiveness, hydrogen.

Введение

В наше время в вопросах энергообеспечения «зелёного» транспорта и промышленных предприятий большое будущее пророчат водородной энергетике. Водород, первый элемент таблицы Менделеева, он имеет самое высокое значение энергии на единицу массы среди всех других видов топлива. Чистый, экологичный, современный. Это топливо будущего, и все больше стран делают на него ставку. Водород может приводить в движение автомобили и поезда, им заправляют самолеты, он не выделяет вредных веществ и не наносит вреда окружающей среде. Он также может заменить традиционные источники энергии. И все это не далекое будущее-это происходит уже сейчас. Во всем мире наблюдается тенденция перехода на водород.

Основная часть

Уже давно известно, что водород можно использовать в качестве источника энергии. Удивительные свойства водорода были открыты еще в 19 веке. При сжигании одного килограмма, получается примерно в четыре раза больше энергии, чем при сжигании килограмма угля. Вначале XIX века водород использовался для отопления и освещения, а затем был заменен нефтью и природным газом. В начале XIX века использование водорода в качестве топлива

для двигателей внутреннего сгорания пропагандировалось во всем мире, и водород широко использовался для заправки дирижаблей, включая трансатлантические перелеты. Наиболее активные исследования в области водородной энергетики проводились в Германии, Великобритании, СССР и США. В 40-х годах прошлого века водород использовался в дирижаблях в блокадном Ленинграде, а около 500 автомобилей были переведены на водородное топливо в условиях дефицита горюче-смазочных материалов. Однако закат и крупные аварии в эпоху дирижаблей и развитие авиационных конструкций привели к ослаблению интереса к использованию водорода [1].

Только после нефтяного кризиса 1970-х годов водородная энергия стала рассматриваться всерьез. А водород, стал рассматриваться как важный энергоноситель будущего. Это произошло на фоне истощения запасов ископаемого топлива, ухудшения загрязнения воздуха в крупных городах.

Прежде всего, водородное топливо делится на три типа в зависимости от способа его производства: серое, голубое и зеленое. У каждого из них есть свои преимущества и недостатки: "Голубой" водород производится из природного газа без выбросов углекислого газа, т.е. используется технология улавливания и хранения углекислого газа. Основными преимуществами голубого водорода, являются относительная сложность технологии его производства по сравнению с другими, и возможность его производства в больших количествах. А производство "синего" водорода менее энергоемко, чем, например, "зеленого" водорода. Однако основными недостатками являются то, что он производится из углеводородного сырья, которое пользуется большим спросом, и то, что при его производстве необходимо принимать меры по выбросу углекислого газа. Для этого нужна технология, позволяющая фиксировать и хранить ее. Без него это "серый" водород. А добавление новых технологий всегда увеличивает стоимость продукта. В то же время стоит отметить, что экологичность "зеленого" водорода сильно зависит от источника энергии, необходимого для электролиза воды. Кроме того, если подсчитать общий углеродный след конечного продукта, то водород, полученный при сжигании того же угля, может оказаться не таким "зеленым", каким он мог бы быть. На стоимость производства водорода влияет стоимость исходного сырья (углеводородного газа, твердого топлива, воды), которая может достигать в конечной себестоимости 30–65%, масштабы производства (экономия в зависимости от масштаба может составлять до 30%), загрузка мощностей. При одной и той же цене сырья себестоимость производства в случае изменения загрузки со 100 до 10% увеличивается примерно в 3 раза.

Транспортирование и хранение водорода

Сбережение и перевозка водорода в газообразном виде (физический метод) воплотят в жизнь в резервуарах, в которых молекулы водорода не ведут взаимодействие с находящейся вокруг средой. Для сего подходят трубопроводы, соляные каверны, водоносные породы, газгольдеры и баллоны с мультислойными стенами, в которых водород находится в компримированном виде (газообразный водород в баллонах). На теоретическом уровне для транспортирования водорода подходят обыденные газопроводы. Однако важно

учитывать, что, несмотря на высокую удельную энергоёмкость водорода по массе (в 2.4 раза выше, чем у метана, и в 2.8 раза выше, чем у бензина), его удельная энергоёмкость по объёму меньше в 3.7 раза энергоёмкости нефтепродуктов и меньше в 3.0 раза энергоёмкости природного газа. Следовательно, при транспортировании водорода по газопроводу объём передаваемого эквивалента энергии сократится по сравнению с объёмом природного газа, что приведет к соразмерному росту затрат на транспортирование примерно в 1.5–2.0 раза истом виде. Хранение и транспортирование водорода в баллонах сопряжены с повышенной опасностью из-за его высокой летучести и взрывоопасности при контакте с воздухом. Это объясняет чрезвычайно высокую материалоемкость такого способа транспортирования – ёмкость массой примерно 20 кг на 1 кг транспортируемого водорода, что, соответственно, негативно отражается и на ценах транспортирования. Просто воспользоваться имеющейся инфраструктурой для транспортировки газа не получится, всё равно потребуются серьёзные инвестиции в модернизацию имеющихся трубопроводов. Рентабельность этих вложений целиком будет зависеть от спроса на водород [2].

Использование водорода в электроэнергетике

В последние десятилетия водородная энергетика испытала циклы чрезмерных ожиданий, сопровождаемых разочарованием, после всплеска интереса к ним в середине XX века. Тем не менее, как только развитые страны пошли по курсу декарбонизации энергетики, водородная энергетика получила новый приток капитала. В этой главе представлен обзор потенциальной роли водорода в обеспечении электрической и тепловой энергией людей и промышленности и оценка вероятности такого сценария. Водород хорошо себя зарекомендовал в определенных нишах, к примеру, в настоящее время уже выпускаются серийные автомобили, работающие на топливных элементах. Проблемы с дороговизной системы и её эффективностью все еще актуальны – хоть ситуация и улучшается, все еще требуется значительная модернизация технологии. В то время как электричество сравнительно легко вырабатывать без сжигания углеводородов, благодаря освоению возобновляемых источников энергии, декарбонизировать другие сферы намного сложнее. Водородные технологии конкурируют не с традиционными способами получения электрической и тепловой энергии, а с системами декарбонизации энергетической системы: с улавливанием и хранением углерода и его оксидов, биоэнергетикой и тепловыми насосами. Современная тепловая изоляция, аккумуляторы тепловой энергии и более эффективное преобразование химической энергии топлива в тепловую могут лишь частично декарбонизировать энергетическую систему, и имеют предел по декарбонизации. Замена природного газа на другое газообразное топливо может помочь значительно снизить выбросы. Великобритания сильно зависит от природного газа, и, вероятно, нескоро достигнет значительных успехов в декарбонизации сектора теплоэнергетики [3].

Одним из перспективных и реально востребованных направлений использования водорода является сфера военно-промышленного комплекса, в

которой часто в связи с возможностью улучшить технические параметры допускают более высокие затраты. В частности, это касается беспилотных летательных аппаратов, которые при использовании водорода могут довольно долго и относительно бесшумно, без выделения тепла находиться в воздухе и перемещаться на большие расстояния. Это же свойство бесшумности и автономности может быть востребовано на подводных лодках малых размеров, для которых использование атомных реакторов нецелесообразно, а дизельные установки не обеспечивают требуемой секретности перемещения.

Заключение

В настоящее время водороду сложно конкурировать с альтернативными топливами в электроэнергетике и транспортном секторе. На транспорте главным ограничением служит высокая стоимость транспортного средства, несмотря на относительно приемлемые показатели по расходам на топливо. При этом в борьбе за экологичность водородные автомобили вступают в непростую конкуренцию с активно развивающимся электротранспортом, пока, заметно отставая от него по ключевым стоимостным показателям. Явным плюсом водородной энергетики в сравнении со многими альтернативными видами топлива является снижение выбросов вредных веществ, но стимулирующее воздействие этого фактора возможно только в случае увеличения платы за выбросы вредных веществ в атмосферу.

Подводя итоги, следует сказать, что большинство экспертов не видят в водороде потенциального монополиста на энергетическом рынке. Однако говорить о провале на «кастинге» за право называться топливом будущего тоже не приходится. Водород может стать одним из топлив будущего, но для этого еще предстоит пройти непростой путь технологического прогресса.

Литература

1. Справочник химика 21. Транспортирование водорода газообразного. [Электронный ресурс] <https://www.chem21.info/info/441104/> – Дата доступа: 24.04.2022.
2. [Электронный ресурс] <https://dprom.online/oilngas/vodorod-toplivo-budushhego/>.– Дата доступа: 24.\
3. [Электронный ресурс] https://www.eriras.ru/files/smozhet_li_vodorod_stat_toplivom_budushchego.pdf . – Дата доступа: 24.04.2022.

УДК 621.373

**ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ, ВЫЗВАННОЕ
ПРОИЗВОДСТВОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
IMPACT ON THE ENVIRONMENT CAUSED BY THE PRODUCTION OF
ELECTRICAL ENERGY**

Д.В. Козлов, Ф.Ч. Эмесибе

Научный руководитель – С.В.Сизиков, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D. Kozlov, F.Ch. Emesibe

Scientific adviser – S. Sizikov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian National Technical University, Minsk

***Аннотация:** в данной статье рассмотрены экологические проблемы, вызванные производством электроэнергии и работой электростанций. Подробно рассмотрены вопросы влияния разных видов электростанций на окружающую среду.*

***Abstract:** this article discusses the environmental problems caused by the production of electricity and the operation of power plants. The issues of the influence of different types of power plants on environment.*

***Ключевые слова:** электроэнергетика, электростанция, окружающая среда, альтернативный источник энергии, экология, ущерб.*

***Keywords:** electric power industry, power plant, environment, alternative energy source, ecology, damage.*

Введение

Воздействие электроэнергии на окружающую среду является одной из важнейших проблем в энергетике. В данном случае речь идет о негативных последствиях для окружающей среды деятельности электроэнергетических компаний.

Основная часть

Эксплуатация электростанций в силу их значительной мощности существенно влияет на состояние окружающей среды и вызывает экологические проблемы. Практически все виды электростанций загрязняют окружающую среду, только некоторые больше, другие меньше.

Одни тепловые электростанции берут воду из водных источников, кипятят ее и вырабатывают электроэнергию, используя пар, который приводит в действие генератор. Есть электростанции, которые используют воду для охлаждения, берут ее из водохранилищ, рек и озер, а потом почти полностью возвращают обратно. Вода на выходе горячее, чем на входе. Это приводит к тепловому загрязнению, особенно летом, что наносит ущерб экосистемам [6].

Уже в процессе добычи топлива энергетика негативно воздействует на водные источники. При бурении скважины в море сбрасывается порядка 120 тонн нефти, до 400 тонн бурового шлама и более 1000 тонн других отходов. При гидроразрыве образуются сточные воды, которые могут загрязнять подземные

источники. Большая часть воды, используемой при разработке нефтяных и газовых месторождений, не подлежит восстановлению.

Разливы нефти и нефтепродуктов при добыче и транспортировке наносят огромный ущерб водным ресурсам и способны уничтожить все живое на многие километры. Одной из крупнейших катастроф стал взрыв и последовавший за ним пожар на нефтяной платформе Deepwater Horizon в Мексиканском заливе в апреле 2010 года. За 152 дня в море вылилось около 682 000 тонн нефти, нефтяное пятно покрыло площадь более 70 000 км².

Добыча угля открытым способом приводит к изменению и даже разрушению природного ландшафта.

Создание инфраструктуры, необходимой для добычи угля, нефти и газа, очень опасно для ландшафта, флоры и фауны [2].

Одной из важнейших экологических проблем современности является увеличение выбросов в атмосферу продуктов сгорания топлива, в основном углекислого газа. Углекислый газ «обволакивает» Землю пленкой, не давая ей остыть. Это приводит к парниковому эффекту, при котором средняя температура на Земле постепенно увеличивается. Следовательно, в последние десятилетия на планете происходит глобальное потепление, которое, по мнению ученых, может привести к необратимым изменениям климата Земли [3].

При сжигании топлива на тепловых электростанциях происходит наибольшее количество техногенных загрязнений за счет вредных выбросов в атмосферу. На их долю приходится около 25% всех вредных выбросов промышленных предприятий. При сжигании ископаемого топлива, биомассы и отходов в атмосферу попадают двуокись углерода, двуокись серы, оксиды азота, окись углерода, твердые частицы, тяжелые металлы (например, ртуть), пыль.

Кроме того, уголь, биомасса и отходы не сжигаются полностью. На тепловых электростанциях образуются зола и шлаки. Они содержат токсичные элементы, такие как ртуть или мышьяк. Летучие соединения переносятся по воздуху вместе с дымовыми газами.

Электростанции, работающие на угле, считаются крупнейшими загрязнителями окружающей среды в мире. Они выбрасывают в атмосферу большое количество оксидов азота, двуокиси углерода, двуокиси серы, тяжелых металлов и твердых частиц. На угольные электростанции приходится 30% всех выбросов CO₂. Кроме того, угольные электростанции либо отправляют отработанную золу на свалки, либо хранят в специальных резервуарах, смешанной с водой. Известны случаи попадания загрязняющих веществ в водоемы [7].

Эксперты предупреждают, что почти все побочные продукты сжигания ископаемого топлива на тепловых электростанциях вредны для окружающей среды и здоровья человека. Например, диоксид серы вызывает кислотные дожди, опасные для растений и животных, особенно обитающих в воде. Соединения могут также обострять сердечные и респираторные заболевания у людей, особенно у детей и пожилых людей. Оксиды азота участвуют в образовании приземного озона, который в больших количествах токсичен и

может вызвать рак легких. Каждый год до 40 000 детей умирают в возрасте до пяти лет из-за загрязнения воздуха твердыми частицами [6].

По сравнению с электростанциями, работающими на ископаемом топливе, гидроэлектростанции чище с экологической точки зрения: отсутствуют выбросы золы, оксидов серы и азота в атмосферу. Это важно, потому что гидроэлектростанции уступают только тепловым электростанциям, когда речь идет о выработке электроэнергии.

Однако, в зависимости от гниения растительности, с водохранилищами гидроэлектростанции связано до 28% потенциальных выбросов парниковых газов. В то же время гидроэлектростанции могут негативно влиять на места обитания животных, сельскохозяйственные угодья, близлежащие леса и населенные пункты, которые затопляются при строительстве плотин и водохранилищ. Из-за возведения таких сооружений миллионы людей по всему миру лишились жилья, многие ничего не получили взамен [4].

Забор воды электростанциями наносит вред природе во время засухи и в засушливых регионах. Затопление водохранилища уничтожает всю наземную растительность и лишает многих животных привычной среды обитания. В бассейнах рек обитает почти 40% всех видов рыб, а плотины нарушают пути их миграции, тем самым сказываясь на популяциях.

Таким образом, гидроэлектростанции угрожают многим видам животных, в том числе и находящимся под угрозой исчезновения.

Подводя итог, можно сказать, что строительство и эксплуатация крупных гидроэлектростанций приводит к:

- затоплению земельных ресурсов,
- миграции людей из зоны затопления,
- уничтожению ценных видов рыб, растений и животных водоемов,
- потере лесов и плодородных почв,
- изменению климата,
- повышению риска разрушительных землетрясений в предгорных и горных районах,
- увеличению риска катастрофических наводнений,
- изменению и разрушению ландшафта,
- потере источников дохода для части местного населения [5].

Иллюзии о безопасности атомной энергетики развеялись после ряда серьезных аварий в США, Великобритании, СССР, Японии. В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС в эпицентре аварии загрязнение было настолько высоким, что пришлось эвакуировать население из нескольких районов, а почва, растительность и поверхностные воды стали загрязнены на десятилетия. Однако опасность ядерной энергетики заключается не только в области аварий и катастроф. Атомные электростанции неизбежно выделяют значительные количества радиоактивных изотопов (углерод-14, стронций-90, криптон-85, йод-129 и 131) даже при нормальной эксплуатации.

Также существуют проблемы с переработкой ядерных отходов и их последующим захоронением, что обходится очень дорого и не имеет надежного технического решения. Ядерные отходы остаются опасными сотни и тысячи лет.

К высокорadioактивным отходам относится отработавшее ядерное топливо, которое должно храниться в специальных хранилищах временного хранения. К низкоактивным отходам относятся загрязненная защитная одежда и изделия, инструменты, оборудование, остатки реакторной воды. Они хранятся на атомных электростанциях, пока их radioактивность не упадет до уровня, при котором их можно будет утилизировать как обычные отходы. Человечество пока не придумало ничего лучше, чем закапывать большую часть высокорadioактивных отходов глубоко в землю [7].

Альтернативными источниками добычи электроэнергии являются возобновляемые источники энергии. Однако, несмотря на очевидные преимущества, они также могут оказывать негативное воздействие на природную среду. Работа электростанций, вырабатывающих энергию из возобновляемых источников энергии, связана с выводом из оборота больших участков земли и, скорее всего, в будущем будет связана с определенными негативными экологическими последствиями: изменением ландшафта (ветряки, солнечные батареи), загрязнением почв (геотермальные электростанции и установки, работающие на биомассе), повышенный уровень шума (ветряные мельницы), негативное воздействие на другие природные ресурсы (приливные электростанции) [1].

Производство электроэнергии неотделимо от необходимости передачи ее конечному потребителю. Это влечет за собой ряд дополнительных угроз окружающей среде.

Среди негативных факторов воздействия электричества на природную среду можно выделить возникновение пожаров из-за коротких замыканий в электроустановках или на линиях электропередач. Например, при повреждении ЛЭП и падении провода может возникнуть пожар в лесополосе, расположенной в непосредственной близости от линии электропередач. При этом основными мероприятиями по предотвращению возникновения пожаров из-за повреждения линии электропередач являются своевременная вырубка зарослей, кустарников и сухих деревьев в охранной зоне.

Еще одна серьезная проблема в энергетике – поражение птиц электрическим током. Это связано с тем, что пути передвижения птиц могут проходить на пересечении с высоковольтными линиями электропередач. Количество птиц, погибших от ударов током на высоковольтных линиях, уже исчисляется сотнями тысяч. Кроме того, гибель птиц может привести к аварийным ситуациям, а также к повреждению линий электропередач. Перебои с электроэнергией, поломки оборудования, отключения потребителей – все это приводит к значительным убыткам энергоснабжающих компаний. Также следует отметить, что опасность для птиц представляют не только линии электропередач, но и открытые распределительные устройства подстанций [9].

Меры, которые могут эффективно решить эту проблему, включают:

- оснащение опор, траверс и изоляторов специальными устройствами, препятствующими посадке птиц;
- установка специальных защитных кожухов, ограждений и других элементов на открытых распределительных устройствах, на линиях

электропередач;

- использование изолированных проводников [8].

Линии электропередач оказывают негативное влияние и на людей. Исследования показывают, что магнитное поле, присутствующее в непосредственной близости от высоковольтных линий электропередач, оказывает негативное влияние на различные органы и системы организма человека. Человек, находясь в пределах охранной зоны линий электропередач, подвергается негативному воздействию электромагнитных полей, поэтому в пределах данной зоны запрещается строительство жилых зданий и различных сооружений, пребывание обслуживающего персонала на такой территории ограничивается [9].

Помимо факторов непосредственного влияния электричества на окружающую среду, можно отметить также нанесение вреда экологии в результате возникновения аварийных ситуаций, которые сопровождаются загрязнением внешней среды вредными веществами, используемыми в электрооборудовании. Одним из наиболее характерных примеров является повреждение силового масляного трансформатора на открытом распределительном устройстве подстанции, сопровождающееся утечкой трансформаторного масла в грунт при отсутствии или повреждении масляного поддона. При этом основной мерой предотвращения подобных ситуаций является своевременная диагностика и ремонт силового трансформатора и его защиты, а также наличие и исправность системы маслоотстойника.

Заключение

Уменьшить воздействие энергетической отрасли на окружающую среду можно.

Во-первых, путем отказа от ископаемого топлива. Энергию можно получить из альтернативных источников. К ним относятся солнечный свет, ветер, водные потоки и недра Земли (геотермальное тепло), биотопливо (древесина, торф, этанол, метанол и др.).

Во-вторых, необходимо уменьшить потери энергии. Потому что чем ниже потери, тем меньше энергии необходимо производить, что приводит к меньшему количеству выбросов.

В-третьих, необходимо сделать упор на энергосбережении. Именно оно должно стать приоритетом в стратегии развития каждой страны, так как запасы традиционных источников энергии ограничены.

Литература

1. Экология: учебник / В. Н. Большаков [и др.]; под ред. Г. В. Тягунова, Ю. Г. Ярошенко. 2 - е изд., перераб, и доп. М.: Университетская книга: Логос, 2010. - 504 с.
2. Экология: (Адаптированный курс для бакалавров) / В. Н. Большаков [и др.]; под ред. Г. В. Тягунова, Ю. Г. Ярошенко. М.: КНОРУС, 2014. - 377 с.
3. Абрамов, А.И. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций: Учеб. пособие /А. И. Абрамов, Д.П. Елизаров, А. Н. Ремезов и др. М.: Изд - во МЭИ, 2001. - 378 с.

4. Экология энергетики: Учебное пособие / Под общей редакцией В. Я. Путилова. М.: Изд. 716 с.
5. Лабейш, В.Г. Природоохранные технологии в теплоэнергетике. / В.Г. Лабейш. СПб.: во МЭИ, 2003 СЗТУ, 2002. - 82 с.
6. Рихтер, Л.А. Охрана водного и воздушного бассейнов ТЭС / Л.А. Рихтер, Э.П. Волков, В.Н. Покровский. М.: Энергия, 2001. - 296с.
7. Жабо, В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС. В. В. Жабо. М.: Энергоатомиздат, 2012. - 240 с.
8. Рихтер, Л.А. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций. / Л.А. Рихтер, Д.П. Елизаров, Н. В. Шубин. М.: Энергоатомиздат, 2007. - 226 с.
9. Гриценко, В. С., Морозов В. Л. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. - М.: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2002. - 100 с.

УДК 621.395.669

**УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ СКАЧКОВ НАПРЯЖЕНИЯ
SURGE PROTECTION DEVICES**

Д.С. Савчук

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D.Savchuk

Supervisor – S. Sizikov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: статья рассматривает способы защиты электроприборов от скачков напряжения. Причины скачков напряжения. Устройства защиты от скачков напряжения.

Abstract: the article considers ways to protect electrical appliances from voltage surges. Causes of power surges. Surge protection devices.

Ключевые слова: скачок напряжения, защита от скачков напряжения.

Keywords: power surge, protection against power surges.

Введение

Скачок напряжения – одна из наиболее распространенных проблем, с которой сталкивается человек в процессе эксплуатации электроприборов. Скачок напряжения, как правило кратковременное или импульсное изменение значения напряжения. Такие перепады способны выводить из строя электроприборы, подключенные в этот момент к сети[1].

Периодически скачки происходят одновременно с коротким замыканием, что является опасным как для имущества, так и для жизни поэтому очень важно защитить себя от таких проблем.

Основная часть

Есть несколько факторов, которые могут стать причиной возникновения перенапряжения. Изменения возникают из-за того, что техника при включении или выключении оказывает влияние на сеть.

Если одновременно отключится несколько электроприборов в сети произойдёт скачок бытовые электроприборы не заметят такого скачка и продолжат работу, но если же произойдёт аварийное отключение энергоёмкого оборудования на предприятии, то в сети произойдёт скачок значительной мощности что приведёт к выходу из строя большого количества электроприборов.

Основными причинами возникновения скачков напряжения являются:

- Обрыв нулевого провода (старое оборудование без должного обслуживания может не справляться с нагрузкой и провод нулевой фазы может отгореть что вызовет короткое замыкание).
- Одновременное включение или выключение оборудования большой мощности (может происходить в промышленных районах, где предприятия потребляют существенные мощности).
- Грозовые разряды, попавшие в линии электропередач, а также её

разрывы.

- Неправильное подключение проводов в общем электрощите.

Назначение мер защиты от скачков напряжения заключается в том, чтобы при минимальных вложениях получить максимальный экономический эффект от снижения ущерба от скачков. Так как современные производственные комплексы, как правило, представлены новым поколением технических средств на основе микропроцессоров, которые отличаются особой чувствительностью к качеству питающего напряжения. Поэтому защита подобных систем является проблемой для любого промышленного производственного комплекса[2].

Выделяют 3 класса защитных систем:

- 1 класс устройства, предназначенные для непосредственной защиты промышленных объектов от ударов молний.
- 2 класс устройства, защищающие электросеть от перенапряжения, которое спровоцировано коммутацией, так же являются 2 ступенью молниезащиты.
- 3 класс устройств, предназначен для защиты приборов от перенапряжения импульсного типа, спровоцированного остаточными скачками и асимметричным распределением между фазой и нейтралью.

Способами защиты от скачков напряжения являются:

- Молнезащитные системы (рисунок 1).



Рисунок 1 – Активный молниеприемник

- Стабилизаторы напряжения (рисунок 2).



Рисунок 2 – Стабилизатор напряжения

- Датчики повышенного напряжения совместно с УЗО (устройство защитного отключения) (рисунок 3).

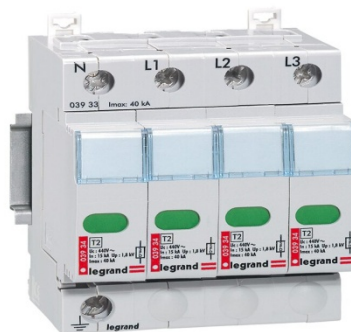


Рисунок 3 – Датчик повышенного напряжения

- Источники бесперебойного питания (ИБП) (рисунок 4)



Рисунок 4 – Источник бесперебойного питания

- Реле напряжения (рисунок 5).



Рисунок 5 – Реле напряжения

Заключение

Перепады и скачки напряжения в электросетях не редкость, они могут вывести из строя дорогостоящую технику и даже угрожать жизни и здоровью людей. Для предотвращения таких последствий разрабатываются устройства защиты от скачков напряжения.

Литература

1. Халилов, Ф.Х. Защита сетей 6-35 кВ от перенапряжений / Ф.Х. Халилов, Г.А., Евдокушин, В.С. Поляков, Г.В. Подпоркин, А. И. Таджикибаев – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 2002.- 272 с.
2. Защита производственных объектов от перенапряжения [Электронный ресурс] –Режим доступа <http://elektroas.ru/zashhita-otperenapryazheniya-na-predpriyatiyah-i-proizvodstve> –Дата доступа: 17.10.2022

УДК 624.97

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ В РБ
USE OF WIND ENEGRY IN BELARUS**

А.А. Бельский, С.Д. Дуброва

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Belski, S. Dubrova

Supervisor – S. Sizikov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье рассматривается альтернативный способ выработки энергии при помощи ветровых электрических установок. Так же в статье акцентируется внимание на необходимость обеспечения электроэнергией потребителей Республики Беларусь. Делается вывод об эргономичности и экономичности данного вида добычи электроэнергии.

Abstract: this article discusses an alternative way to generate energy using wind power plants. The article also focuses on the need to provide electricity to consumers of the Republic of Belarus. The conclusion is made about the ergonomics and efficiency of this type of electricity production.

Ключевые слова: ветроэнергетика, альтернатива, экологичность, выбор площадок размещения, целесообразность.

Keywords: wind energy, alternative, environmental friendliness, choice of placement sites, expediency.

Введение

Ветрогенераторы – одна из главных альтернатив традиционным технологиям производства электроэнергии (рисунок 1). Данный способ импонирует отсутствием выбросов продуктов горения ТЭС, а также себестоимостью топлива. Однако большое количество условий функционирования таких как: ограниченный срок службы, шумовые воздействия, трудности утилизации, непостоянность природных условий и т.д. требует многоступенчатого анализа условий их применения.

Изучение природно-климатических критериев Беларуси, невзирая на отсутствие пустынных мест и ограничения на строительство сверхвысоких строений, указывает на то, что они подходят для развития ветроэнергетики.

Главной задачей является выбор площадки расположения ветроэнергетических установок с учетом условий охраны окружающей среды, температурно-влажностного атмосферного режима, рельефа местности и геологических особенностей места расположения.



Рисунок 1 – Ветроэнергетическая установка

Изучение природно-климатических критериев Беларуси, невзирая на отсутствие пустынных мест и ограничения на строительство сверхвысоких строений, указывает на то, что они подходят для развития ветроэнергетики.

Главной задачей является выбор площадки расположения ветроэнергетических установок с учетом условий охраны окружающей среды, температурно-влажностного атмосферного режима, рельефа местности и геологических особенностей места расположения.

Бесспорное преимущество ветряных электрических станций (ВЭС) по соотношению с классическими – исключение выбросов продуктов горения на ТЭС, которые работают на углеводородном горючем, а также исключение топливной составляющей себестоимости выработки электрической энергии.

В Республике Беларусь развитие технологий по получения электроэнергии с помощью возобновляемых источников определяется планом развития государственной энергетики. Ввод и внедрение других генерирующих источников регламентируется законом. Целесообразность внедрения ветрогенераторов является объектом исследовательских работ и обсуждений [3].

Основная часть

Вопрос энергобезопасности является одним из более значимых для Беларуси. Ветер уже много лет служит источником энергии для населения. Древнейшие мореплаватели научились применять природный ресурс для перемещения по воде, так были придуманы паруса. Фермеры когда-то использовали ветряные мельницы для дробления зерна и подачи воды.

Беларусь располагает существенными ресурсами энергии ветра, которые оцениваются в 1600 МВт и годовой выработкой электроэнергии 2,4 млрд кВтч [1].

На территории нашего государства выявлено около 1840 площадок, подходящих для расположения ветроэнергетических станций и ветропарков. Эти площадки представляют собой в основном ряды холмов высотой от 250 м над уровнем моря, где средняя скорость ветра колеблется от 5 до 8 м/с. На каждой из них может быть расположить от 3 до 20 ветроэнергетических установок. В Беларуси уже работают 112 ветроэнергетических установок. ВЭУ установлены в Гродненской, Минской, Витебской, Могилевской областях. В нашем государстве располагается самая большая ветроэнергетическая установка в СНГ. Она располагается поблизости деревни Асмоловичи Мстиславского района Могилевской области. Мощность установки - 3,4 МВт, высота мачты - 142 метра и размах лопастей - 136 метров.

Причины, по которым были выбраны площадки, показаны на изображениях:

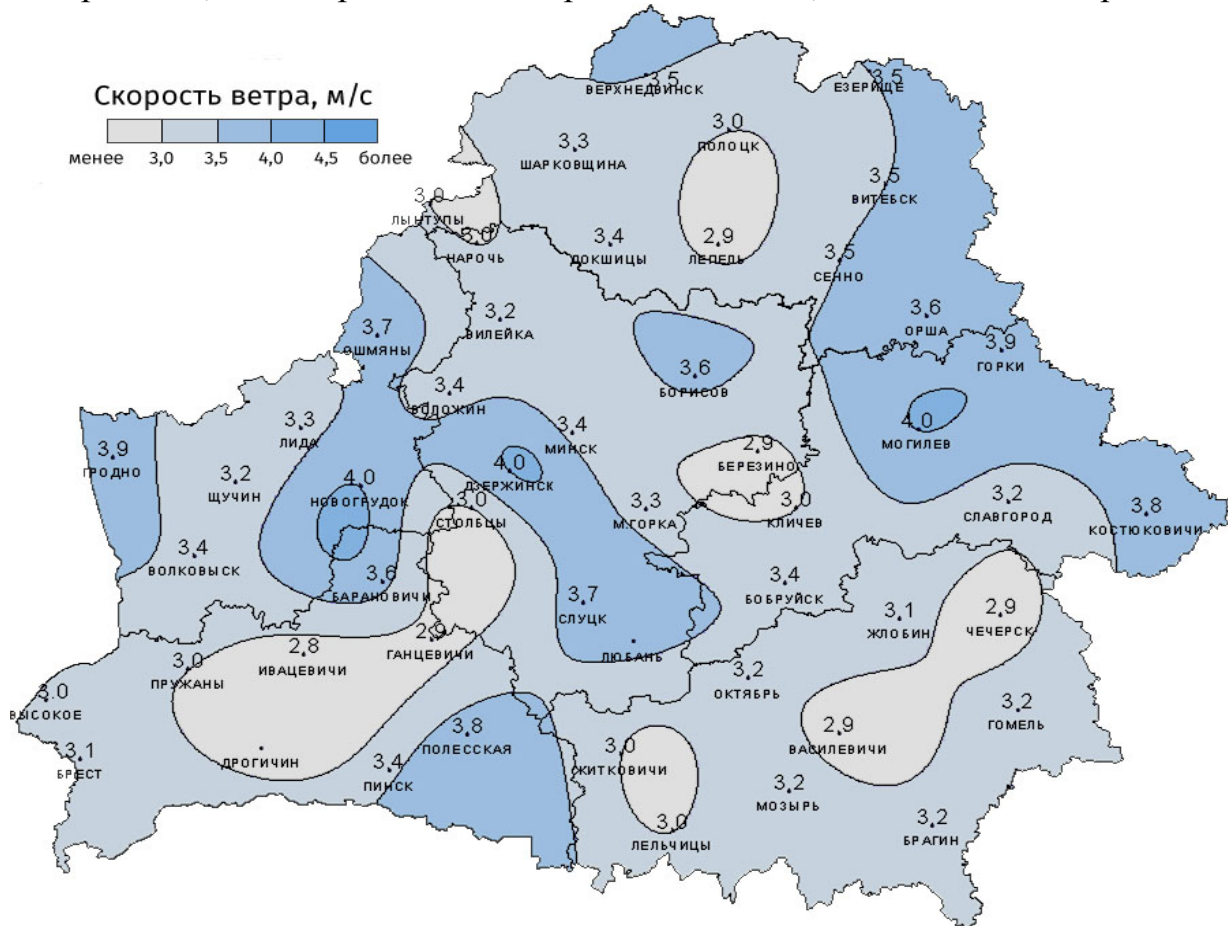


Рисунок 2 – Средняя годовая фоновая скорость ветра на высоте десяти метров

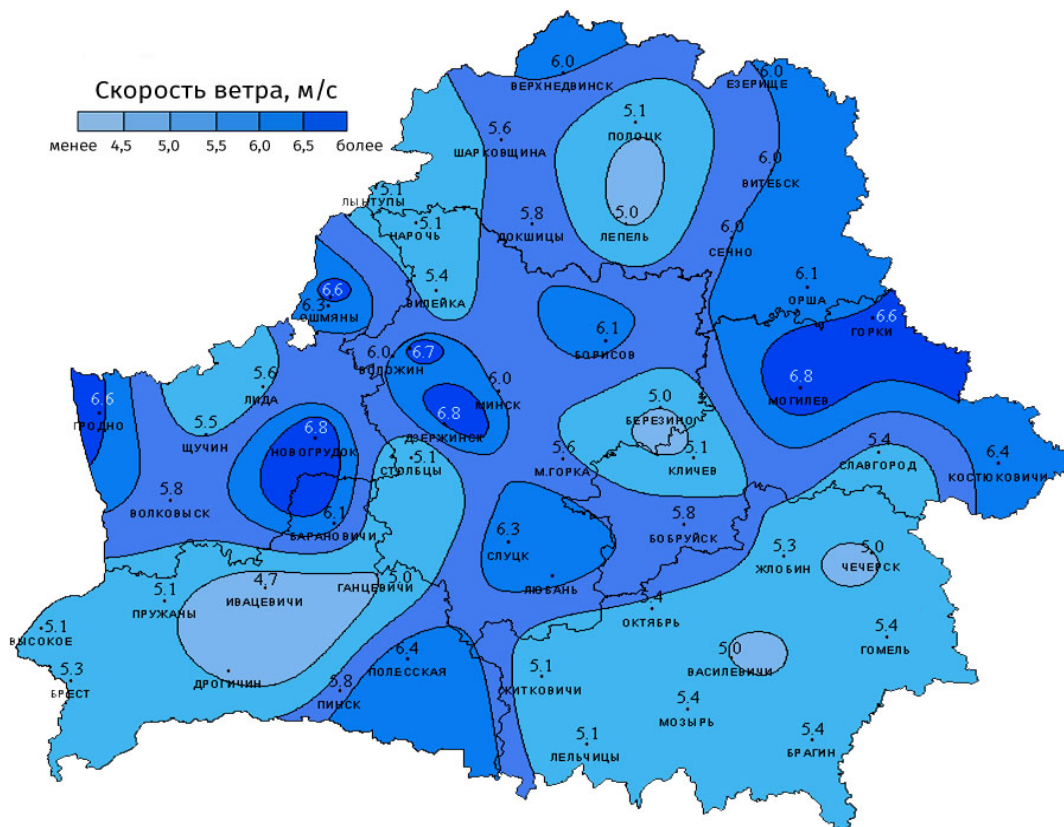


Рисунок 3 – Средняя годовая расчетная скорость ветра на высоте ста метров (с учётом данных мониторинга параметров ветра)

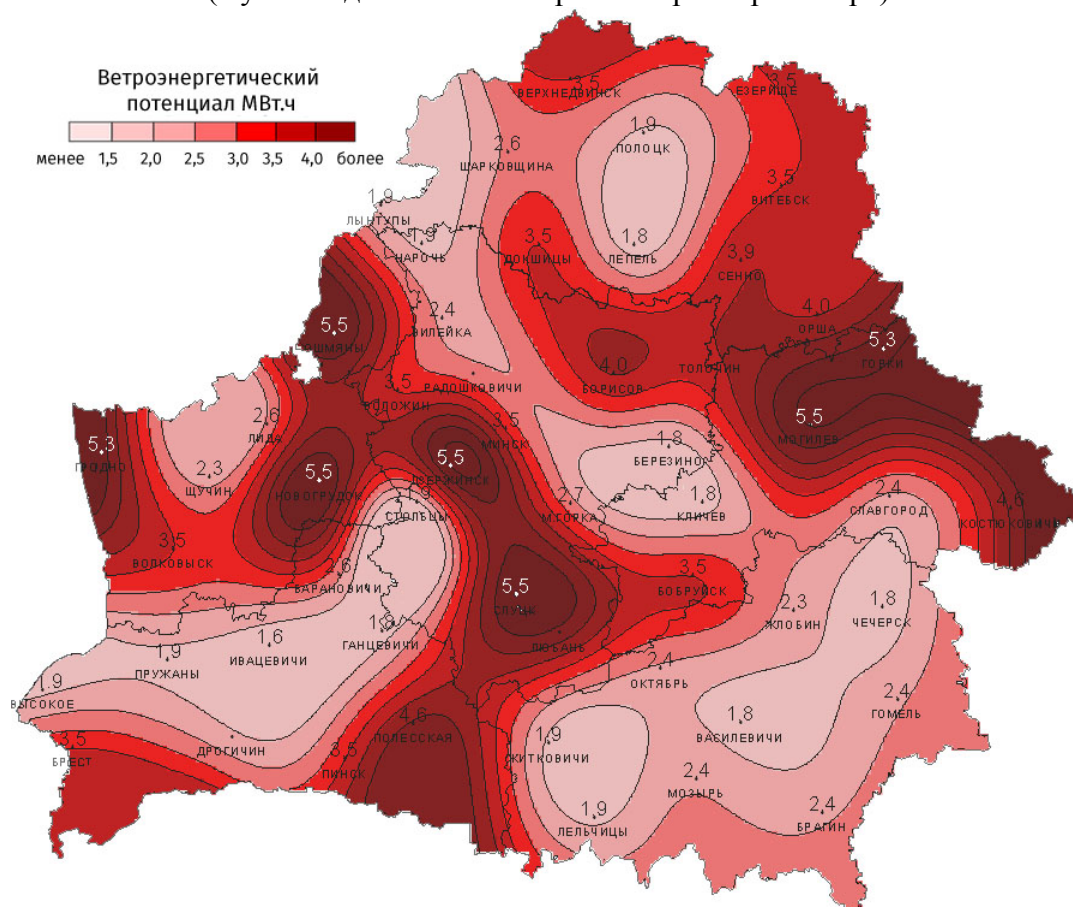


Рисунок 4 – Карта-схема ветроэнергетического потенциала территории Республики Беларусь на высоте установки ветроротора ста метров от поверхности земли (для ВЭУ установленной мощностью 2,5 МВт)

В связи с тем, что при производстве электроэнергии не используется дополнительное топливо, цена значительно ниже, и такой способ становится более привлекательным. И значимость этого фактора будет возрастать. Разумность и объемы использования ВЭС в Беларуси следует соотносить с такими показателями, как:

- оптимальность географических, а также погодных условий (рисунок 2,3,4);
- исследование обстоятельств и итогов эксплуатации внедренных ВЭС;
- экономические оценки;
- выбор более подходящих промышленных заключений, а также характеристик единичных ВЭС, а также ветропарков в целом;
- контроль методик расчета конструктивных и режимных параметров.

Ветроэнергетику критикуют за неконкурентоспособность в соотношении с обыкновенными видами энергии, и её приходится дотировать. Так и есть, если сопоставлять ветряк с газовым месторождением либо ГЭС, то у него не так много возможностей выжить. Всем известно, что ни природного газа, ни значительных гидроресурсов на территории Беларуси нет, а это означает, что развитие ветроэнергетики в Беларуси является хорошим вкладом в будущее государства. А также следует не забывать, то, что сила ветра не только лишь возобновляемая, а также чистая, а это важный довод.

По итогам исследований расчёты указывают примерно 2000 площадок на территории Беларуси со среднегодовыми скоростями ветра от 4,7 до 6 м/с и более. По итогам расчетов наиболее благоприятными для строительства являются территории Минской, Гродненской, Витебской и других областей на площадках со среднегодовыми скоростями ветра 4,7 м/с и выше. Если на перспективных площадках установить только по одной ВЭУ мощностью 1500 кВт (при расчетной скорости ветра 11 м/с и высоте установки 110 м), вероятная выработка электроэнергии составит [2]:

Расчет, показывающий технико-экономическую целесообразность строительства ветроэлектростанций:

$$W = 1500 \cdot 1800 \cdot 0,305 \cdot 8760 = 7,2 \cdot 10^9 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год},$$

а срок окупаемости при тарифе на электроэнергию 0,095 долл./кВт*ч

$$T = \frac{1300}{(1-0,2) \cdot 0,095 \cdot 0,305 \cdot 8760} = 6,4 \text{ года},$$

где 0,305 - коэффициент использования номинальной мощности при средней среднегодовой скорости ветра на этих площадках 5 м/с. При тарифе на электроэнергию 0,06 долл./кВт*ч и использовании 1/2 всех названных площадок, где средняя среднегодовая скорость ветра 5,5 м/с, выработка электроэнергии составит

$$W = 1500 \cdot 900 \cdot 0,382 \cdot 8760 = 4,5 \cdot 10^9 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год},$$

а срок окупаемости не более

$$T = \frac{1300}{(1-0,2) \cdot 0,06 \cdot 0,382 \cdot 8760} = 8 \text{ лет},$$

Достоинства и недостатки ВЭУ

Достоинства:

- Экологически чистый вид энергии:
- Создание электрической энергии при помощи “ветряков” не сопровождается выбросами диоксида углерода и каких-то других газов.
- Эргономичность:
- Ветровые электростанции занимают мало места и легко вписываются в любой ландшафт, а кроме того прекрасно сочетаются с другими видами хозяйственного использования территорий.
- Возобновляемая энергия.
- Энергия ветра, в отличие от ископаемого топлива, неистощима.

Недостатки:

- Нестабильность:
- Непостоянность состоит в негарантированности извлечения необходимого числа электрической энергии. На некоторых участках суши сила ветра может оказаться недостаточной для формирования нужного количества электрической энергии.
- Относительно низкий выход электричества: ветровые генераторы значительно уступают в выработке электрической энергии дизельным генераторам, что приводит к потребности монтажа сразу нескольких турбин. А также ветровые турбины малопродуктивны при максимальных нагрузках.
- Высокая стоимость: цена установки, которая вырабатывает 1 мегаватт электрической энергии, составляет 1 миллион долларов.
- Опасность для дикой природы: Шумовое загрязнение: Шум, производимый “ветряками”, может причинять беспокойство, как диким животным, так и людям, которые проживают вблизи.

Заключение

Ветроэнергетика – энергия современной жизни, за которой будущее. Большинство стран понимают это и предпринимают важные шаги по переходу к зеленому будущему энергетики. В Беларуси уже работают 112 ветроэнергетических установок. Экологическими чертами следует считать неконтролируемое шумовое действие и инфразвуковые вибрации, также дилемму утилизации крупногабаритных частей конструкции и фундаментов. Энергетическая система Республики Беларусь должна развиваться в связи с необходимостью обеспечения населения термической и электрической энергией. Всем известно, что ни природного газа, ни значительных гидроресурсов на территории Беларуси нет, а это означает, что развитие ветроэнергетики в Беларуси является хорошим вкладом в будущее государства.

Литература

1. Ветроэнергетика Беларуси: состояние и перспективы развития [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://energobelarus.by/articles/alternativnaya_energetika/vetroenergetika_belarusi_sostoyanie_i_perspektivy_razvitiya/ – Дата доступа: 23.10.2022

2. Ветроэнергетика в Беларуси [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.the-dialogue.com/ru16-vetroenergetika-v-belarusi/> – Дата доступа: 23.10.2022

3. Ветроэнергетика [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ветроэнергетика> – Дата доступа: 23.10.2022

УДК 621.311

**ИННОВАЦИИ В ПОСТРОЕНИИ ТЭЦ, МИНИ-ТЭЦ
INNOVATIONS IN THE CONSTRUCTION OF CHP. MINI-CHP**

А.А. Жолнерович, Ф.Д. Гриб

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Zholnerovich, F. Grib

Supervisor – S. Sizikov, Docent, candidate of technical sciences

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье повествуется об разных нюансах и достоинствах строительства собственной генерации — мини-ТЭЦ. Рассмотрены виды используемого топлива, куда используется выработанное тепло, основные виды двигателей для децентрализованных мини-ТЭЦ, их главные преимущества и недостатки. Служат сами двигатели, как правило, до 200 000 моточасов — это около 25 лет, при эксплуатации по 8000 часов в год. Таким образом, можно сделать вывод, что мини-ТЭЦ — надежный источник бесперебойного энергообеспечения.

Abstract: the article tells about the various nuances and advantages of building its own generation - a mini-CHP. The types of fuel used, where the generated heat is used, the main types of engines for decentralized mini-CHPs, their main advantages and disadvantages are considered. The service life of the engines themselves is usually up to 200,000 hours - this is about 25 years, with an operation of 8,000 hours per year. Thus, a mini-CHP is a reliable source of uninterrupted power supply.

Ключевые слова: электрической и тепловой энергией, мини-ТЭЦ, основное предназначение, концепция строительства, преимущество, использования тепла, виды используемого топлива, виды двигателей.

Keywords: electric and thermal energy, mini-CHP, main purpose, construction concept, advantage, use of heat, types of fuel used, types of engines.

Введение

Считается, что постоянное снабжение электрической и тепловой энергией является одной из основных задач обеспечения стабильной работы промышленного предприятия. Особую актуальность приобретает решение проблемы массового устаревания электросетевого и энергетического оборудования. С каждым годом, помимо этого, возрастает потребление энергии, а имеющейся мощности уже недостаточно. В случае увеличения стоимости на электроэнергию и тепло увеличиваются издержки и, как правило, снижается доход предприятия. Строительство собственной генерации – мини-ТЭЦ – решение данной проблемы.

Основная часть

Строительство электрогенерирующих центров средней и малой мощности становится более важным на сегодняшний день, мини-ТЭЦ – активы, позволяющие увеличить управляемость электроэнергетикой предприятия, уменьшить затраты на выработку электроэнергии, гарантировать

энергосбережение. Мини-ТЭЦ (малая теплоэлектроцентраль) – малая энергетическая установка на основе поршневого двигателя внутреннего сгорания, использующая природный газ и вырабатывающая в то же время электрическую, а также и тепловую энергию, которая предназначена с целью совместного производства электрической и тепловой энергии в агрегатах единичной мощностью до 25 МВт, не завися от вида оборудования [1].



Рисунок 1 – Речицкая и Солигорская мини-ТЭЦ

Одним из самых важных средств использования мини-ТЭЦ является самостоятельная доставка электроэнергии промышленным предприятиям и общественным зданиям, организация резервного электроисточника. Применение газопоршневого агрегата (ГПА) и газотурбинного агрегата малого и среднего мощностей (ГТУ) являются наиболее перспективным вариантом выработки энергетических ресурсов. Практическая реализация таких быстрых проектов требует относительно небольших капиталовложений. Стоимость высокоэнергетических мини-теплоэлектростанций значительно ниже, чем себестоимость устаревшей паротурбинной электростанции (рисунок 1).

Таблица 1 – Основные показатели мини-ТЭЦ

Наименование	Значение
Установленная электрическая мощность КГУ	270 кВт
Напряжение	0,4 кВ
Установленная тепловая мощность КГУ	415 кВт (0,35 Гкал/ч)
Установленная тепловая мощность котлов	600 кВт (0,51 Гкал/ч)

Основные составляющие мини-ТЭЦ:

- катализаторы;
- системы управления;
- котлы–утилизаторы отработавших газов;
- двигатели внутреннего сгорания — поршневые, микротурбины или газотурбинные;
- генераторы постоянного или переменного тока.

Работа установки в рекомендованном спектре рабочего режима и достижение эффективного качества обеспечиваются средствами автоматики мини-ТЭЦ. Мониторинг и телеметрия мини-ТЭЦ осуществляется дистанционно [3].

На сегодняшний день существуют некоторые факторы перехода от традиционного централизованного энергоснабжения к автономному – это высокие тарифы электроэнергии и теплоснабжения, длительность или невозможность технологического присоединения к сетям и отсутствие необходимых инвестиций в строительство крупных ТЭЦ. Автономность малых ТЭЦ, которые производят электрическую и тепловую энергию прямо на местах потребления, дает гарантию отсутствия сбоев или аварий, которые неизбежны при изношенности электрических и тепловых сетей центральной системы. Более того, в строительстве ТЭЦ для когенерации используются самые современные методы, значительно повышающие КПД выработки энергоресурсов (рисунок 2).

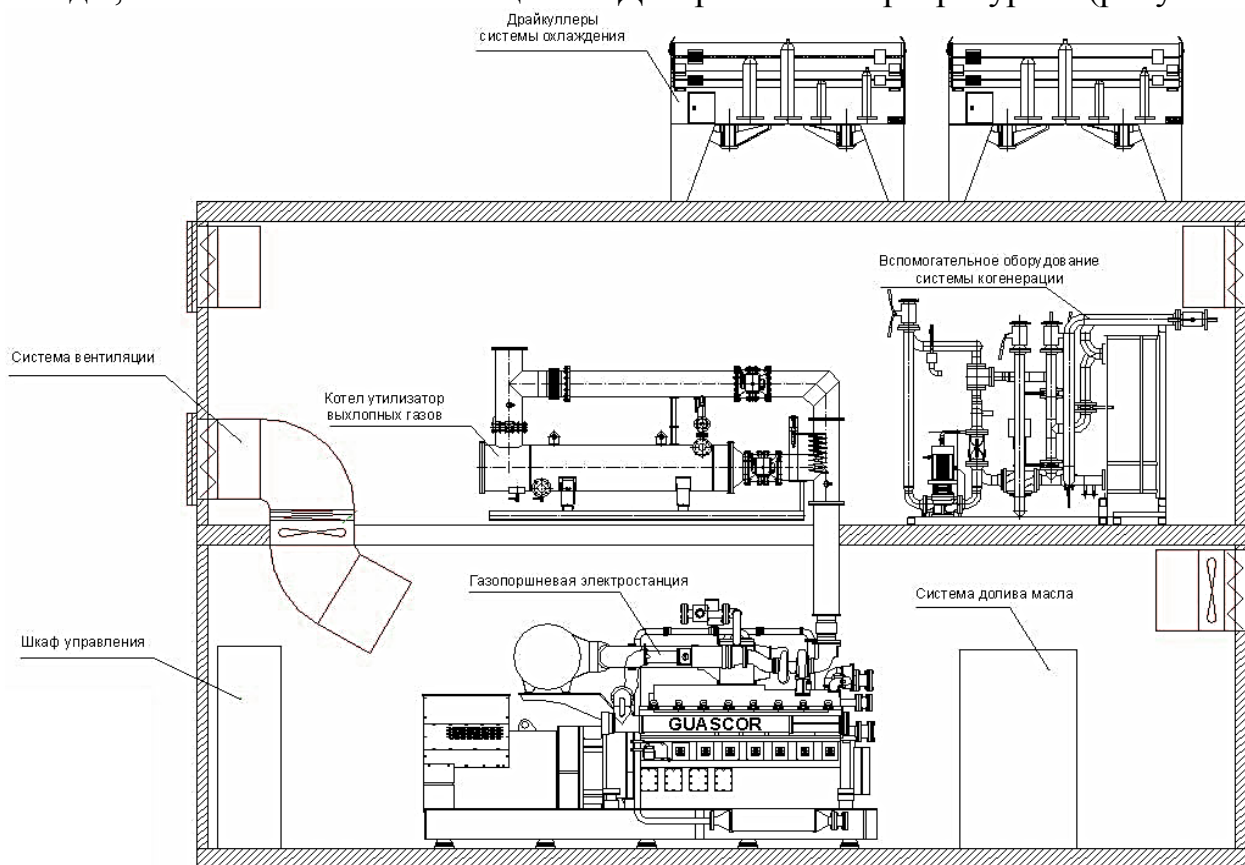


Рисунок 2 – Разрез помещения мини-ТЭЦ

Основные задачи мини-ТЭЦ - это выработка электроэнергии и тепла из разных видов топлива.

Строительство мини-ТЭЦ в непосредственной близости к потребителю имеет ряд преимуществ (в сравнении с большими ТЭЦ):

- бесперебойное обеспечение электроэнергией потребителя;
- электроснабжение высококачественной электроэнергией, выполнение установленных значений напряжения и частоты;
- отпадает необходимость финансовых затрат на реализацию технических условий на подключение к сетям централизованного электроснабжения;
- даёт вероятность исключить расходы на строительство дорогих, а также

- небезопасных высоковольтных линий электропередач (ЛЭП);
- избегаются потери при передаче энергии;
- скорее всего, получение прибыли.

Близость тепловых энергий к потребителям является главным преимуществом мини-ТЭЦ. Проблемы, связанные с теплосетями, понижаются или вообще исчезают. В случае аварии, разрыва теплосети возникают большие трудности: разрытие грунта, временное отчуждение участка для реконструкции теплосети, обычно перекрывает движение транспорта. В соответствии с советскими нормативами тепловые сети должны были заменяться через 20–30 лет после начала использования. Техника мини-ТЭЦ построена на основе двигателей внутреннего сгорания, что обеспечивает полную гарантию электроснабжения и отопления домов, включая индивидуальные загородные дома.

Таблица 2 – Распределение мини-ТЭЦ по отраслям

Отрасль	%
Промышленность	34
Топливо-добывающая	28
Коммунальное хозяйство	18
Электрогенерирующая	18
Тепличная	2

Значительная часть топлива, сгорающая при генерации электроэнергии, состоит из тепловой энергии.

Использование тепла существует в различных вариантах:

- частичное преобразование тепловой энергии в энергию холода (тригенерация);
- прямое использование тепловой энергии конечными потребителями (когенерация);
- горячее водоснабжение (ГВС), отопление, технологические нужды (пар);
- холод вырабатывается абсорбционной холодильной машиной, которая потребляет не электрическую, а тепловую энергию, что в конечном итоге даёт нам возможность достаточно результативно использовать тепло в летнее время года с целью кондиционирования помещений, либо для технологических нужд (рисунок 3);



Рисунок 3 – Абсорбционная холодильная машина

На мини–ТЭЦ используют следующие разновидности топлива:

- жидкое топливо: нефть, мазут, дизельное топливо, биодизель и другие горючие жидкости;
- газ: природный газ магистральный, природный газ сжиженный, попутный нефтяной газ и другие горючие газы;
- твердое топливо: уголь, древесина, торф и прочие разновидности биотоплива [2].

Определение расхода топлива на выработку необходимой потребителю электро- и теплоэнергии в энергосистеме и на теплоисточнике с учетом потерь на ее транспортировку:

- на выработку электроэнергии:

$$B_э = Э \times (1 + k_{пот}^э/100) \times b_э \times 10^{-6}, \text{ т у.т.}, \quad (1)$$

где $Э$ – потребность в электроэнергии, кВт ч;

$k_{пот}^э$ – коэффициент потерь электроэнергии в электросетях;

$b_э$ – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме (Лукомльской ГРЭС) за год, предшествующий составлению расчета, г у.т./кВт ч.

- на выработку тепловой энергии:

$$B_т = Q \times (1 + k_{пот}^т/100) \times b_т \times 10^{-3}, \text{ т у.т.}, \quad (2)$$

где Q – потребность в тепловой энергии, Гкал;

$b_т$ – удельный расход топлива на производство тепловой энергии на теплоисточнике. В целях соблюдения сопоставимости в расчетах средний удельный расход принимается равным коэффициенту пересчета тепловой энергии в условное топливо 175 кг у.т./Гкал;

$k_{\text{пот}}^T$ – коэффициент потерь тепловых сетях.

Суммарный расход топлива при выработке электро- и теплоэнергии на централизованных источниках:

$$V_1 = V_3 + V_T, \text{ т у.т.} \quad (3)$$

Новый технологический процесс позволяет применять несколько типов двигателей для децентрализованной мини-ТЭЦ – газопоршневых, двухтопливных и газоотурбинных.

Установки, предназначенные для использования в качестве основных или резервных источников электроэнергии, являются газопоршневые (ГПУ). ГПУ предназначена для работы на различных газовых составах, в том числе на газе, полученном из промышленных отходов. Высокое качество и меньшее содержание вредных веществ в топливе, чем в дизельных установках, являются особенностями ГПУ [1].

Двухтопливная установка предназначена так же, как и газопоршневая, применяется в качестве основного и резервного источника энергии. Возможность работы с природным газом и дизельным топливом – это особенность работы двухтопливного агрегата. А также при работе в базовом режиме установки используется до 70% газового и 30% дизельного топлива [1].

Газотурбинная установка предусмотрена для работы в энергетических установках простого, когенерационного и трехгенерационного циклов. ГТУ производит гораздо больше тепловой энергии, чем ГПА. ГТУ включает в себя компрессора, камеру сгорания и турбину, размещенную на силовом каркасе установки [1].

Значительное превосходство ГТУ и ГПА, считается самое низкое содержанием вредных выбросов, содержащихся в уходящем газе агрегатов на мини-ТЭЦ.

Заключение

Это открытие, на мой взгляд, имеет большой вес в строительстве ТЭЦ. Как известно, мини-ТЭЦ дает возможность избежать расходов на строительство дорогой и опасной высоковольтной линии электропередачи (ЛЭП), исключает потери в передаче электроэнергии, обеспечивает качественное электроснабжение, соблюдая заданные значения напряжения, частоты, а также имеет другие различные преимущества. Также преимущество и главная отличительная особенность мини-ТЭЦ – их расположение вблизи потребителей электроэнергии. При таком положении возникает экономия огромных средств, поскольку отсутствует передача – транспортировка энергии. Замена котельных, неэффективных для использования топлива и загрязняющих атмосферу городов, и поселков, мини-ТЭЦ помогает не только значительно сэкономить топливо и улучшить чистоту воздуха, а и улучшить всеобщее экологическое состояние.

Литература

1. Инновации в построении ТЭЦ [Электронный ресурс]/ инновации в построении ТЭЦ. - Режим доступа: <https://isup.ru/articles/6/542/>. - Дата доступа: 18.10.2022.

2. Мини-ТЭЦ [Электронный ресурс]/ мини-ТЭЦ. - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Мини-ТЭЦ>. - Дата доступа: 18.10.2022.
3. Мини-ТЭЦ [Электронный ресурс]/ Общие сведения о мини-ТЭЦ - описание. - Режим доступа: <https://manbw.ru/analytics/minitec.html>. - Дата доступа: 18.10.2022.

УДК 621.313.12

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР
ELECTRIC GENERATOR**

А.А. Спиридович, В.И. Лепеш

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Spiridovich, V. Lepesh

Supervisor – S. Sizikow, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в этой статье мы рассмотрели, что такое электрический генератор и чем он нам помогает.

Abstract: in this article we examined what an electric generator is and how it helps us.

Ключевые слова: электрический генератор, генератор, двигатель.

Keywords: electric generator, Generator, Engine.

Введение

Электричество регулярно спасает нас от погружения в темноту и обеспечивает питание наших приборов. Вы можете без колебаний сказать, что без него жизнь была бы очень тяжелой. Тем не менее электростанции, которым поручено обеспечивать бесперебойную подачу электроэнергии в дома, не всегда справляются со своей задачей. Для обеспечения бесперебойного электроснабжения, а также для обеспечения безопасности мест, где электросеть не охвачена, используется специальное оборудование – электрогенераторы. За свою почти двухвековую историю генераторы претерпели множество изменений, и сегодня вы можете приобрести модели различных модификаций, которые чаще всего называют электромеханическими генераторами.

Основная часть

Электрический генератор – это устройство, в котором неэлектрические формы энергии преобразуются в электрическую энергию. В производстве электроэнергии генератор – это устройство, которое преобразует движущую силу (механическую энергию) в электричество для использования во внешней цепи (рисунок 1).

Электрогенераторы делятся на однофазные и трехфазные в зависимости от типа подключения. Самыми популярными являются однофазные генераторы, они предназначены для подключения различных электроприборов. Трехфазные, как правило, используются для питания крупных объектов.

По принципу работы двигатели делятся на двигатели переменного тока, синхронные и асинхронные двигатели делятся на:

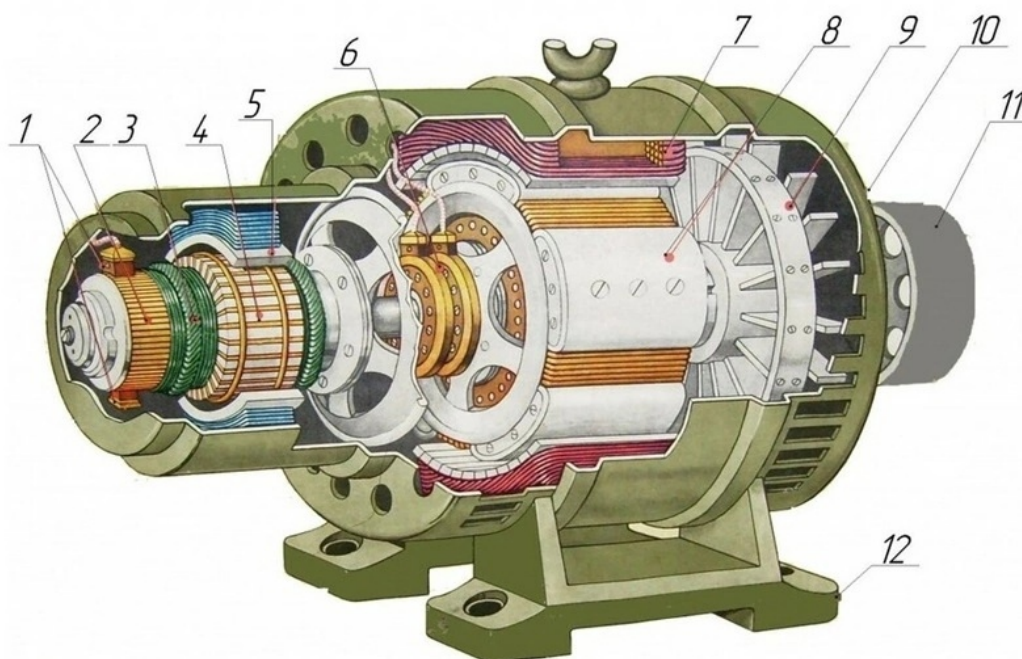
Синхронный двигатель – это двигатель переменного тока, ротор которого вращается синхронно с магнитным полем питающего напряжения. Эти двигатели обычно используются на больших мощностях (от сотен киловатт и более).

Асинхронный двигатель – это двигатель переменного тока, в котором частота вращения ротора отличается от частоты вращающегося магнитного поля,

создаваемого напряжением питания. Эти двигатели являются наиболее распространенными в наши дни.

По типу выходного тока:

- Генератор постоянного тока. Первые генераторы были точно такими же, но из-за их большей эффективности они были заменены генераторами переменного тока.
- Генератор переменного тока бывает однофазным или трехфазным, со звездчатыми или треугольными обмотками.
- По характеру возбуждения.
- С возбуждением от постоянных магнитов.
- С внешним возбуждением.
- С возбуждением [1].



1 – щетки и щеткодержатели, 2 – коллектор, 3 – обмотка якоря, 4 – якорь, 5 – статор, 6 – контактное кольцо, 7 – обмотка статора, 8 – ротор генератора, 9 – вентилятор, 10 – корпус генератора, 11 – привод, 12 – станина
Рисунок 1 – Устройство генератора

Электрогенераторы могут быть портативными или стационарными. Стационарная мощность может достигать 2400 кВт. Мощность портативных электрогенераторов колеблется от 0,5 до 12 кВт — это исключительно бытовой прибор, он не работает на больших объектах.

Когда связь между электричеством и магнетизмом еще не была обнаружена, использовались электростатические генераторы, основанные на основах электростатики. Они могли генерировать высокое напряжение, но имели небольшой ток. Принцип работы электростатического генератора заключался в том, что диски вращались относительно друг друга в противоположных направлениях, создавая положительный и отрицательный заряды. Когда диски вращаются, происходит разряд по мере накопления зарядов.

Динамо-машина — это генератор постоянного тока. Это был первый электрогенератор, использованный в промышленности (рисунок 2). Динамо-

машина вырабатывает электрическую энергию по принципу электромагнитной индукции. Обычно такое устройство преобразует механические воздействия непосредственно в электрические импульсы. Первым, кто сформулировал принцип работы динамо-машины, был Аньош Иштван Йедлик в 1827 году, он начал экспериментировать с самовращающимися роторами, прототип его генератора был завершен в 1852 году. Йедлик сформулировал концепцию динамо-машины намного раньше, чем Сименс и Уитстон, но не выдал патент на свое изобретение, полагая, что он не был первым, кто это сделал [2].

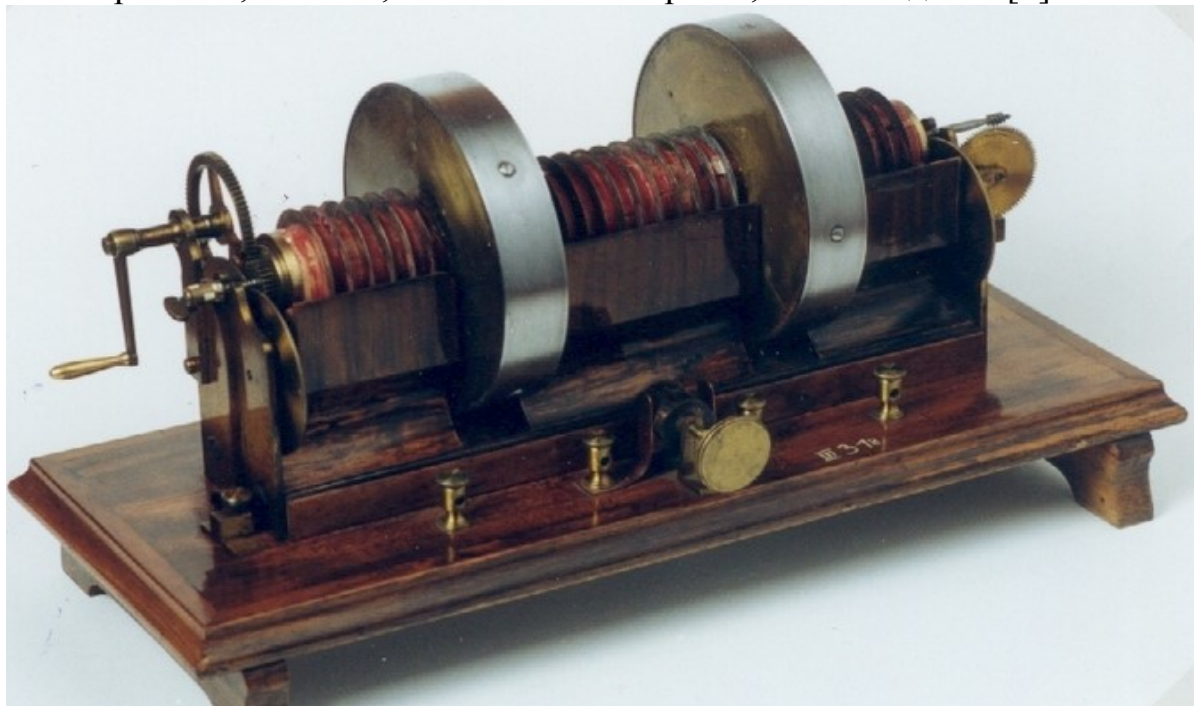


Рисунок 2 – Динамо-машина Йедлика.

Заключение

В свое время генераторы переменного тока средней и малой мощности стали основой движущей силой широкого развития сельской электрификации и новых поселений. Рано или поздно линии электропередач дошагивают до новых поселений, где дают электричество вместо генераторов, а в свою очередь, электрические генераторы отправляются дальше. В новые необжитые места, где дают электричество.

Литература

1. Электрический генератор. [Электронный ресурс]/ Электрический генератор. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> - Дата доступа: 28.10.2022.
2. Электрический генератор. [Электронный ресурс]/ Электрический генератор. – Режим доступа: https://studopedia.ru/7_85573_dinamo-mashina-yedlika.html- Дата доступа: 28.10.2022.

УДК 620.92

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**
PROBLEMS AND PERSPECTIVES OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

А.Г. Мозырчук

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Mozyrchuk

Supervisor – S. Sizikov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в статье проанализированы перспективы, особенности и проблемы развития возобновляемых источников энергии.*

***Abstract:** the article analyzes the perspectives, features and problems of the development of renewable energy sources.*

***Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, актуальность проблемы, перспективы, преимущества и недостатки ВИЭ,*

***Keywords:** renewable energy sources, the relevance of the problem, perspectives, advantages and disadvantages of renewable energy.*

Введение

По данным известных прогнозов развития человека, в ближайшие десятилетия потребуются широкое освоение возобновляемой энергетики, как из-за неизбежного снижения добычи нефти, газа и угля, так и из-за экологических причин, в связи с использованием традиционных энергетических ресурсов. Как правило, использование ВИЭ не имеет серьезных негативных последствий для экологии, в основном они экологически чисты и доступны по всему миру. С использованием и развитием возобновляемых источников энергии есть преимущества и недостатки.

Основная часть

Возобновляемые источники энергии – источники получения энергии из постоянно восстанавливаемых природных процессов (энергии солнца, ветра, естественного движения водных потоков (гидроэнергия), древесного топлива, иных видов биомассы, биогаза, тепла земли). Потенциал упомянутых источников энергии гораздо выше текущего потребления и станет возможным альтернативным источником электроэнергии для производства. В настоящее время производство альтернативной энергии, несмотря на ее высокую экологичность и перспективность, ограничено. Развитие технологий на ее основе имеет ряд издержек, с которыми приходится считаться. Как правило, использование ВИЭ не имеет серьезных негативных последствий на окружающую среду, они в большинстве случаев экологически чисты и доступны по всему миру. Возобновляемые источники энергии сталкиваются с проблемой аккумуляции или же поддерживающих мощностей, которые должны замещать неустойчивую генерацию ВИЭ в момент неизбежных провалов, также они не могут существовать без избыточных резервных мощностей на традиционных

энергоносителях, способных оперативно наращивать и снижать производство электроэнергии. Отказ от углеводородов в ближайшие 30—50 лет выглядит нереалистичным, если страны хотят сохранить свою конкурентоспособность.

Основным топливом в мире является нефть, на которую приходится 32 %, на уголь – 27% и на газ – 22%. Несмотря на то, что доля возобновляемых источников в мировом энергопотреблении пока незначительна, чтобы оценить перспективы дальнейшего их развития, стоит обратить внимание на динамику в 1990-2017 годах (рисунок 1).

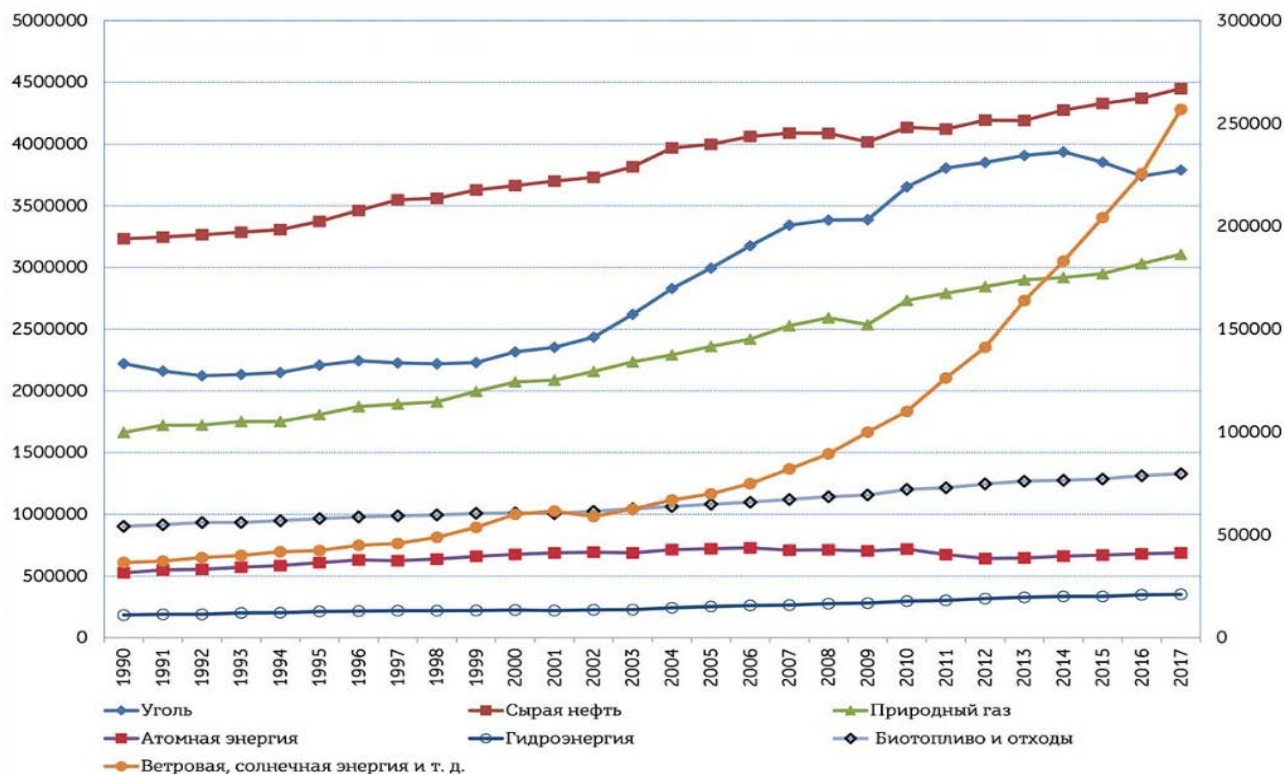


Рисунок 1 – Динамика мирового баланса энергопотребления, тыс. т н. э.

Международное энергетическое агентство (МЭА) сообщило о том, что кризис, возникший в связи с распространением коронавируса, нанес немало ущерба, но и не остановил мировой рост энергетики возобновляемых источников энергии. Таким образом, ожидается, что в 2020 году мощность возобновляемой энергетики увеличится только на 167 гигаватт, что на 13% меньше 2019 года. В 2020 году ожидается первый год снижения темпа роста в связи с задержками строительства из-за карантина. Важную роль сыграют и финансовые проблемы. В то же время, прогнозируется рост общего объема возобновляемой энергии в мире по итогам года увеличится на 6%, а темпы роста ВИЭ в 2021 году вернуться на уровень 2019 года. В соответствии с прогнозами МЭА, общий рост в 2020-2021 гг. будет на 10% ниже прогноза до вспышки коронавируса в Китае. Одной из причин является снижение спроса на энергетические ресурсы и падение цены на углеводородные источники – это приводит к снижению конкурентоспособности возобновляемых источников энергии по сравнению с традиционными ресурсами. Ведь чем дороже нефть и газ, тем более конкурентоспособна зеленая энергия. Пандемия коронавируса позволила

посмотреть иначе на проблемы и перспективы будущего перехода на возобновляемую энергетику. Например, спрос на электрическую энергию в начале пандемии снизился из-за того, что многие предприятия закрылись или сокращались. При снижении спроса на электричество доля ветра и солнца продолжала увеличиваться. Из-за этого, с января по июнь 2020 г., в Европейском союзе 33% вырабатываемой электроэнергии было выделено возобновляемым источникам [3].

Республика Беларусь входит в категорию стран, не имеющих значительных собственных топливных ресурсов, поэтому в Беларуси уделяется большое внимание вопросам энергобезопасности. С учетом растущего мирового дефицита и постоянного удорожания традиционных энергоносителей в 2010 году возникла острая необходимость их замещения местными и возобновляемыми видами топливно-энергетических ресурсов. В РБ роль энергосбережения и энергоэффективности в сочетании с производством экологически чистой энергии с каждым годом возрастает. Системный подход к реализации энергосберегающей стратегии в республике способствовал достижению существенных результатов [1]. В стране действует 514 МВт электрической мощности установок по использованию возобновляемых источников энергии. Ожидается, что к 2024 году этот показатель составит порядка 700 МВт, что эквивалентно 7% от установленной мощности белорусской энергосистемы. В производстве тепловой энергии доля ВИЭ за последние 10 лет выросла почти в два раза с 6,1% до 11,8%. В количестве производимой электрической энергии доля ВИЭ составляет 2,4 %. В последнее время возобновляемая энергия стала наиболее быстро развивающейся видом генерации в Беларуси. Наблюдается позитивная тенденция по показателю отношения объемов производства первичной энергетической продукции возобновляемых источников энергии к валовому потреблению топливных ресурсов в 2010-2018 гг. В 2018 году рост составил 1,2 раза в сравнении с 2010 годом. Доля потребления возобновляемой энергии уже достигла показателей, которые были запланированы на 2020 год. К 2021 году планируется увеличить объем генерации ВИЭ до 800 МВт (рисунок 2) [2].

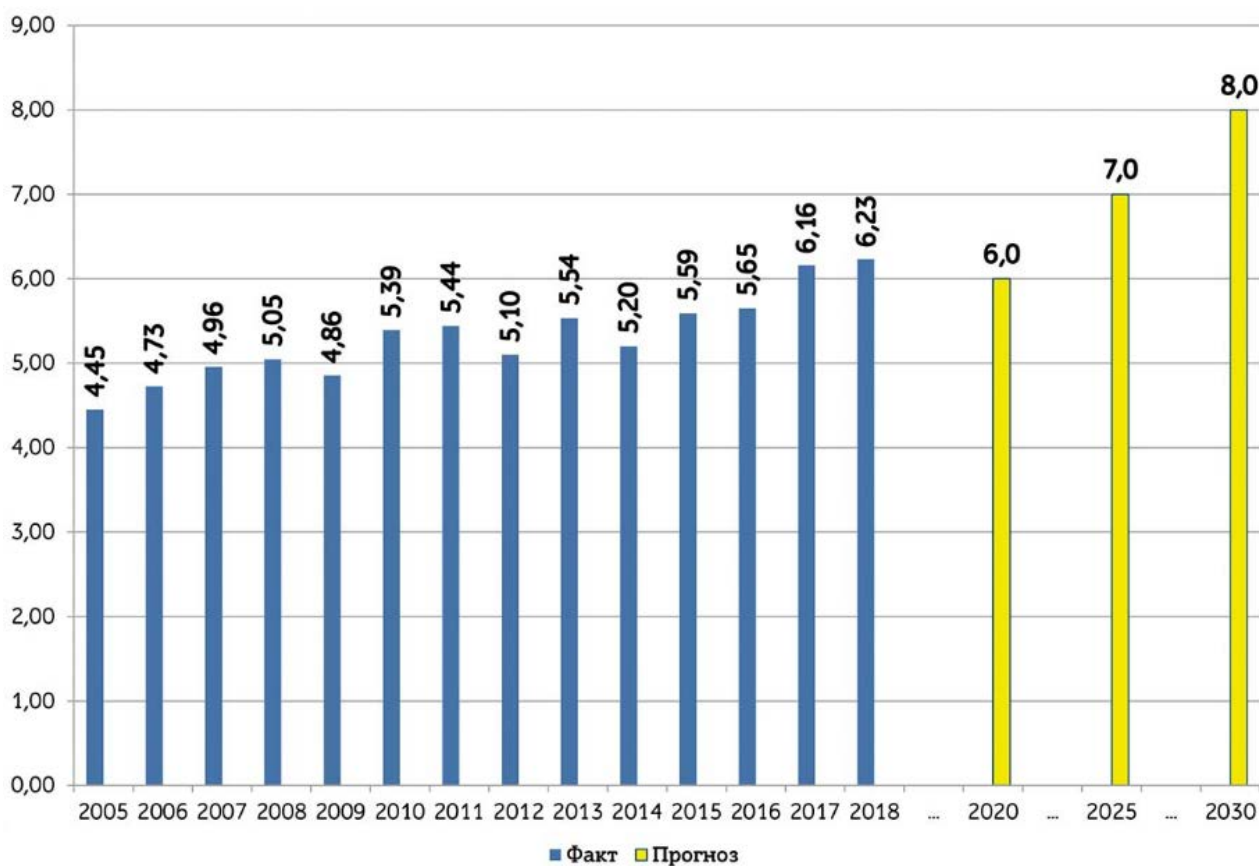


Рисунок 2 – Динамика показателя «отношение объема производства первичной энергии из ВИЭ к объему валового потребления ТЭР» за 2010—2018 годы с прогнозом до 2030 года, %

Основными проблемами, возникающими при развитии ВИЭ являются:

- Капитальные расходы первоначальные затраты на строительство и установку солнечных и ветряных электростанций.
- Размещение и доставка электроэнергии. Источники ядерной энергии, угля и природного газа являются централизованными, то есть необходимо относительно малое количество высокомошных электростанций. Солнечная и ветровая энергия представляют собой децентрализованную модель, в которой небольшие генераторные станции, находящиеся на большом участке, работают совместно. Децентрализация дает несколько основных преимуществ, включая устойчивость сетей, но создает и барьеры, такие как выбор места и доставка. Под доставкой понимаются линии электропередач и инфраструктуры, необходимых для перемещения электроэнергии от производства к потреблению. Затраты по передаче ветра в три раза превысили затраты по передаче электроэнергии из угля или ядерных источников. Для ветровой и солнечной энергии необходимо построить непропорционально больше линий, так как линии электропередачи должны быть масштабированы не до средней мощности, а до максимальной. Выработка энергии от ветра обычно доступна 25-35% времени, от солнца — 10-25%. С использованием ВИЭ и его вспомогательного оборудования нет такого же уровня контроля энергосети – мощностью тока и амплитуды, как на электростанциях,

использующих ископаемые топлива. Для этого нужны дополнительные затраты.

- Доступность. Главная проблема возобновляемых источников энергии это их прерывность. Энергия ветра вырабатывается только в ветреную погоду, энергия солнца — только в солнечную. Это вызывает ряд нескольких основных проблем, одной из них является необходимость запаса энергии, которая влечет за собой дополнительные затраты. После добавления даже маленького процента солнечной энергии в электросеть нужны батареи для сглаживания перерывов в работе. Относительно недорого хранить ископаемые топлива, а затраты на хранение электроэнергии огромные. В них входят и стоимость хранения, и потеря энергии хранилищ.
- Проблемы производства и утилизации. После истечению срока эксплуатации ветряных турбин, солнечных панелей и накопителей их утилизация требует определенных расходов. В большинстве случаев расходы энергии на обработку материалов более высоки, чем на добычу их в исходном виде. Эта проблема должна быть учтена при анализе реальных цен на возобновляемые источники энергии.

В 2017 г. Всемирный банк выпустил отчет, в котором было изложены проблемы с добычей полезных ископаемых. Он моделирует рост добычи материала, который потребуется на строительство необходимого количества электростанций для солнечной и ветровой энергии, чтобы в 2050 году произвести около 7 тераватт электрической энергии. Этого достаточно для обеспечения электроэнергией примерно половину мировой экономики. Используя показатели Всемирного банка, для того чтобы полностью сократить выбросы до нуля, результаты ошеломляют: 34 млн метрических тонн меди, 40 млн тонн свинца, 50 млн тонн цинка, 162 млн тонн алюминия и не менее 4,8 млрд тонн железа. Вопрос не о том, что у нас закончатся полезные ископаемые, хотя это действительно может стать проблемой. Реальная проблема - это усугубление уже существующего кризиса чрезмерного производства. Добыча традиционных ресурсов стало одним из главных причин обезлесения, разрушения экологических систем и потери биоразнообразия во всем мире [4].

Заключение

Преимущества ВИЭ, как неисчерпаемость и экологическая безопасность, до сих пор не могут перевесить технически отработанные и более дешевые методы получения энергии на основе органических топлив. Нефть исчерпаема, добыча постоянно увеличивается, а экологическая обстановка на одном угле и газе не изменится. Пока человек не подчинил себе управляемый термоядерный синтез, ему придется проводить самое активное развитие в области зеленой энергетике. Этот путь очень тяжелый, состоит из решения самых сложных задач: экономических, технологических и даже социальных.

В данной ситуации лучше всего продолжить исследования, пытаясь еще более эффективно и более доступно сделать возобновленные источники энергии. Прогресс идёт, мир медленно и уверенно отбрасывает ископаемое топлива, пока это не станет слишком дорого и опасно.

Литература

1. Луговский, А. В. Проблемы и перспективы возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь / А. В. Луговский; науч. рук. В. Н. Яхно – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018.
2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь.
3. Нефтехимия [Электронный ресурс]/ нефтехимия. - Режим доступа: <https://belchemoil.by/news/analitika/vozobnovlyаемая-energetika-stanovitsya-samym-bystro-razvivayushhimsya-vidom-generacii>– Дата доступа: 11.06.2020
4. Проблемы анализа риска [Электронный ресурс]/ проблемы анализа риска. - Режим доступа: <https://www.risk-journal.com/jour/article/view/508/356> Дата доступа: 31.08.2021

УДК 537.87

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
ELECTROMAGNETIC RADIATION**

Д.А. Петрович, М.С. Германович

Научный руководитель – С.В. Сизиков, к.т.н., доцент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D. Petrovich, M. Germanovich

Supervisor – S. Sizikow, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в этой статье рассмотрим влияние электрического излучения на организм человека.

Abstract: in this article, we will consider the effect of electrical radiation on the human body.

Ключевые слова: Электромагнитное излучение, электромагнитное поле, электромагнитны волны.

Keywords: Electromagnetic radiation, electromagnetic field, electromagnetic waves.

Введение

Среди различных физических факторов окружающей среды, которые могут оказывать негативное воздействие на людей и биологические объекты, электромагнитные поля [1] неионизирующего характера, особенно те, которые связаны с радиочастотным излучением, представляют большую сложность (рисунок 1).

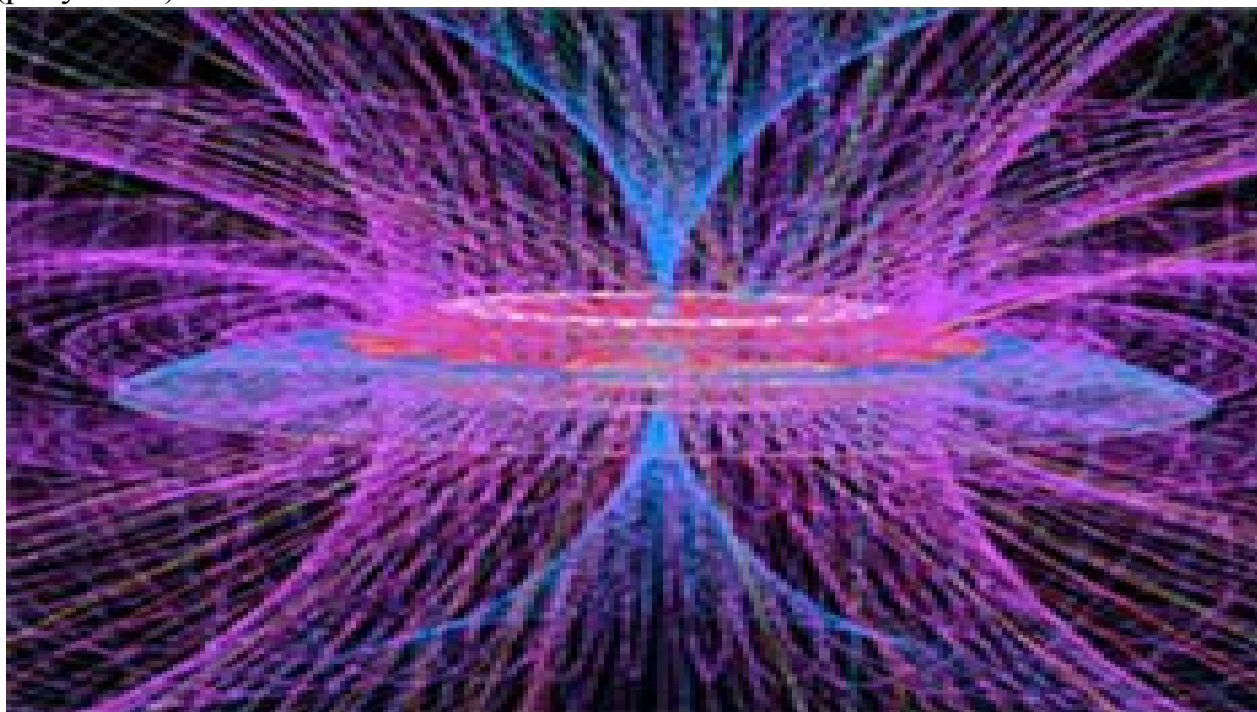


Рисунок 1 – Электромагнитное излучение

Основная часть

Замкнутый производственный цикл без выброса в окружающую среду загрязняющего фактора здесь неуместен, поскольку используется уникальная

способность радиоволн распространяться на большие расстояния. По той же причине недопустимо экранировать излучение и заменять токсичный фактор другим, менее токсичным фактором. И хотя вполне возможно, что некоторое рассеивание радиации может снизить нежелательное воздействие на население и регулировать уровень радиации во время эксплуатации, дальнейший технический прогресс, тем не менее, увеличивает вероятность воздействия на человека. Следовательно, упомянутых мер по снижению загрязнения окружающей среды здесь недостаточно. Но возможность воздействия электромагнитных полей на организм человека была замечена еще в конце 40-х годов. Опрос людей, работающих в условиях значительной интенсивности, показал, что нервная и сердечно-сосудистая системы наиболее чувствительны к этим воздействиям. Описаны изменения в кроветворении, нарушения эндокринной системы, обменных процессов, заболевания органов зрения. Установлено, что клинические проявления действия радиоволн чаще всего характеризуются астеническими и вегетативными реакциями.

При длительном профессиональном воздействии с периодическим повышением предельно допустимых значений у некоторых людей отмечаются функциональные изменения органов пищеварения, выражающиеся в изменениях секреции и кислотности желудочного сока, а также в явлениях дискинезии кишечника.

При длительном профессиональном воздействии также были обнаружены функциональные сдвиги в эндокринной системе: повышение функциональной активности щитовидной железы, изменение характера сахарной кривой и т.д.

В последние годы появились сообщения о возможности возникновения злокачественных новообразований. Некоторые дополнительные данные по-прежнему свидетельствуют о том, что наибольшее количество случаев связано с опухолями кроветворных тканей и, в частности, с лейкемией. Это становится общей закономерностью канцерогенного действия, когда физические факторы различной природы и в некоторых других случаях влияют на организм человека и животных.

Видео реклама для компьютеров используется миллионами сотрудников по всему миру в повседневной деятельности. Компьютеризация в нашей стране принимает широкие масштабы, и многие сотни тысяч людей проводят большую часть своего рабочего дня перед экраном. Помимо признания неоспоримых преимуществ, использование компьютерных технологий заставляет пользователей беспокоиться о своем здоровье.

Существует статистика, согласно которой люди, работающие с компьютерами, более беспокойны, подозрительны, чаще избегают общения, но также недоверчивы, раздражительны, склонны к повышению самооценки, высокомерны и внимательны к неудачам (рисунок 2).

Крупнейшими источниками электромагнитного излучения являются радио- и телевизионные средства связи и обработки информации, радиолокационное и навигационное оборудование, лазерные системы и линии воздушной передачи [2].



Рисунок 2 – Нормы электромагнитного излучения.

Серьезное внимание следует уделять гигиенической оценке уровней электромагнитных помех, которым подвергаются люди, работающие в радиационном диапазоне, но не связанные с обслуживанием радиооборудования. По данным Агентства по охране окружающей среды США, около 1% населения мира подвергается воздействию электромагнитных помех мощностью более 1 миллиона кВт. В то же время самые высокие значения интенсивности были зафиксированы в высотных зданиях, особенно на уровнях, соответствующих уровням размещения антенных систем. Самые опасные поля - это микроволновые поля. Сантиметровые и миллиметровые волны воздействуют на кожу. А дециметры, проникающие на глубину 15 см, уже оказывают непосредственное влияние на внутренние органы (рисунок 3).

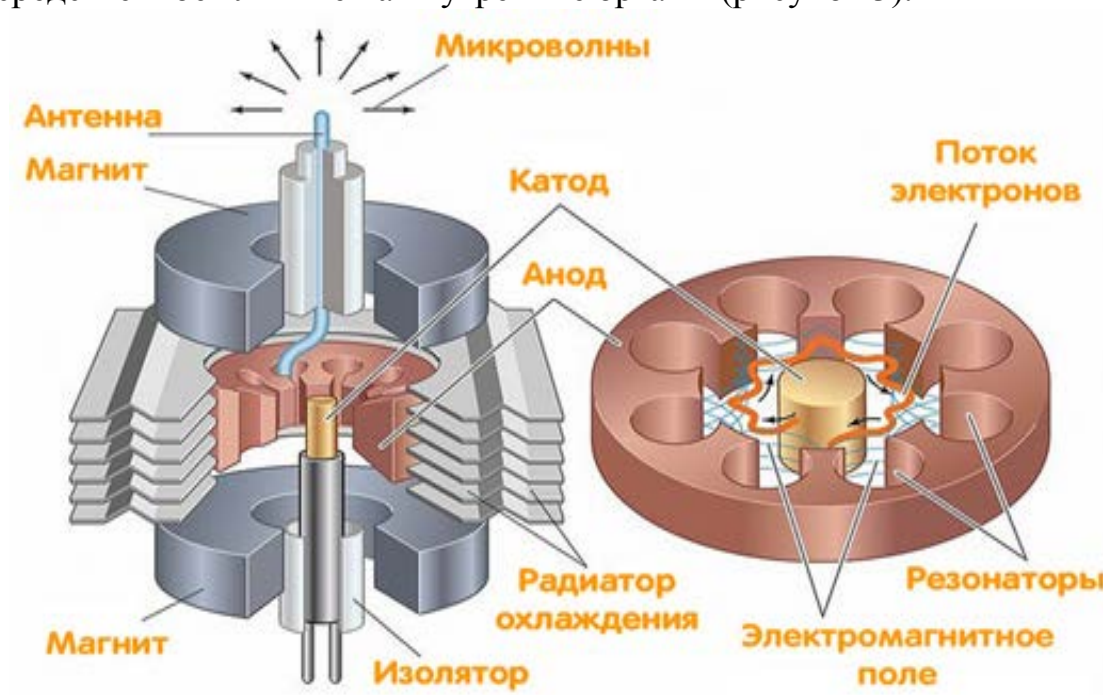


Рисунок 3 – Принцип работы микроволновой печи.

К сожалению, вредное воздействие обусловлено не только источниками сильного излучения. Известно, что магнитное поле создается вокруг любого объекта, работающего в электрическом поле. И это практически любое устройство, которое сопровождает нас в повседневной жизни (даже электрические часы).

Эти данные объясняют тот факт, что некоторые мужчины отказываются пользоваться электробритвой, ссылаясь на головную боль. Подобные жалобы можно услышать от женщин, которые регулярно используют фен для укладки волос.

Исследователи из США и Швеции обнаружили, что опухоли возникают у детей, когда они подвергаются воздействию магнитных полей с частотой 60 Гц и интенсивностью 3 мГ в течение нескольких дней или даже часов (рисунок 4).

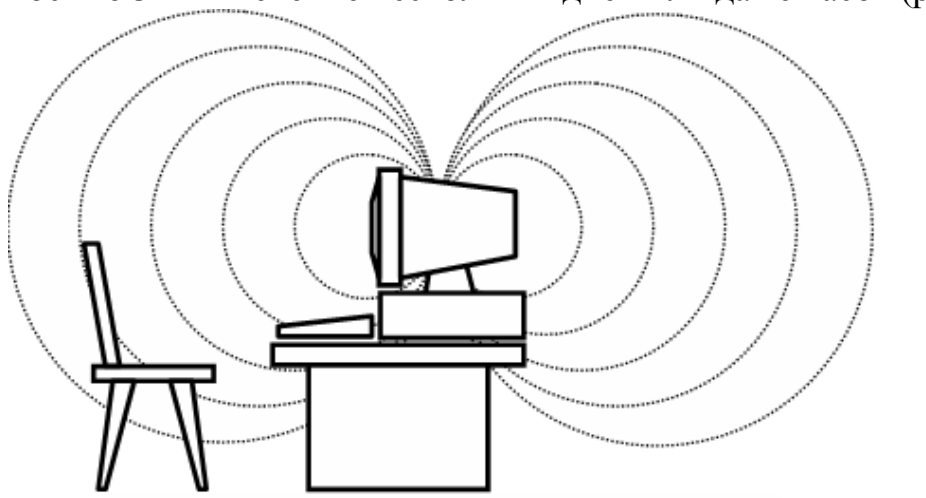


Рисунок 4 – Электромагнитное поле

Такие поля транслируются телевизором, персональным компьютером. Значительные проблемы возникают и с автомобильным транспортом. "Проблема совместимости вызывает серьезную озабоченность в связи с быстрым развитием автомобильного транспорта. Уже сегодня электромагнитное поле в 30 процентах городских территорий формируется автомобильным движением. Электромагнитные волны, возникающие во время транспортировки, мешают приему телесигналов и радиосигналов. И они также могут оказывать вредное воздействие на организм человека". Дисплеи ПК, изготовленные на основе электронно-лучевых трубок, являются потенциальными источниками мягкого рентгеновского излучения, ультрафиолетового, инфракрасного, видимого, высокочастотного, сверх и низкочастотного ЭМИ.

Сотрудники Центра электромагнитной безопасности провели независимое исследование некоторых компьютеров, наиболее распространенных на нашем рынке, и обнаружили, что "электромагнитные поля в зоне размещения пользователя превышают биологически опасный уровень".

Последствия регулярной работы с компьютером без использования защитных средств:

- заболевания органов зрения (60% пользователей);
- заболевания сердечно-сосудистой системы (60%);
- заболевания желудочно-кишечного тракта (40%);

- кожные заболевания (10%);
- различные опухоли.

Электромагнитное излучение от компьютера особенно опасно для детей и беременных женщин. Было обнаружено, что у беременных женщин, работающих за компьютерами с дисплеями на электронно-лучевых трубках, вероятность выкидыша в 1,5 раза выше, а вероятность рождения детей с врожденными дефектами - в 2,5 раза.

Персональные компьютеры заняли прочное место в деятельности многих людей. Сейчас невозможно представить полноценную работу на предприятиях, в частном бизнесе и в образовательном процессе без компьютера. Но все это не может заставить вас беспокоиться об их вредном воздействии на здоровье пользователей. Недооценка того, как работают дисплеи, помимо снижения надежности и эффективности работы с дисплеями, приводит к серьезным проблемам со здоровьем.

Например, рекомендуется, чтобы экран находился на расстоянии не более 50-70 см от глаз пользователя.

Периоды работы и отдыха при работе за компьютером зависят от категории выполняемой работы.

Вся работа с ПК делится на три категории:

- Эпизодическое чтение и ввод информации в течение не более 2 часов за 8-часовую рабочую смену.
- Чтение информации или творческая работа занимают не более 4 часов за 8-часовую смену.
- Чтение информации или творческая работа более 4 часов в 8-часовую смену.

Продолжительность непрерывной работы с ПК не должна превышать 2 часов.

Если в комнате используется более одного компьютера, важно помнить, что пользователь одного компьютера может подвергаться воздействию излучения других компьютеров, особенно на боковой и задней сторонах монитора. Поскольку излучение от экрана может быть защищено специальными фильтрами, пользователь должен находиться на расстоянии не менее 1 м от боковых и задних панелей других дисплеев (рисунок 5).



Рисунок 5 – Защитные фильтры монитора

Рекомендуется устанавливать на мониторы защитные фильтры полного класса защиты, которые обеспечивают практически полную защиту от вредного воздействия монитора в электромагнитном спектре, уменьшают блики от электронно-лучевой трубки и повышают разборчивость знаков.

Заключение

Западная промышленность уже реагирует на растущий спрос на бытовую технику и персональные компьютеры, излучение которых не угрожает жизни и здоровью людей, которые рискуют облегчить себе жизнь с их помощью. Таким образом, многие компании в США производят безопасное оборудование, от утюгов с бифилярной обмоткой до компьютеров без радиации.

Литература

1. Электромагнитное излучение [Электронный ресурс]/ Электромагнитное излучение. – Режим доступа: <https://propb.ru/library/wiki/elektromagnitnoe-izluchenie/> - Дата доступа: 27.10.2022.

2. Электромагнитное излучение [Электронный ресурс]/ Электромагнитное излучение – Режим доступа: <https://www.radek-lab.ru/services/isyatelnaya-laboratoriya/kontrol-fizicheskikh-faktorov/emi.php> - Дата доступа: 27.10.2022.

УДК 621.315.592

**ЭФФЕКТ ЗЕЕБЕКА И ПЕЛЬТЬЕ
SEEBECK AND PELTIER EFFECT**

Н.А. Романов, И.В. Романовский

Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

N. Romanov, I. Romanovsky

Supervisor – Y. Sukhodolov, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье рассматриваются эффект Зеебека и Пельтье, экономичность и целесообразность, преимущества и недостатки, использования устройств с использованием этих эффектов. Примеры приборов, в которых они применяются. Так же показаны примеры устройств, которые могут быть использованы в будущем с применением этих эффектов.

Abstract: this article discusses the Seebeck and Peltier effect, cost-effectiveness and expediency, advantages and disadvantages of using devices using these effects. Examples of devices in which they are used. Examples of devices that can be used in the future with these effects are also shown.

Ключевые слова: эффект Зеебека, эффект Пельтье, элемент Пельтье.

Keywords: seebeck effect, Peltier effect, Peltier element.

Введение

Сейчас в мире ученые обсуждают то, что добываемые источники энергии могут в какой-то момент времени просто исчезнуть. Но ученые никогда не рассматривали всерьез тепло человека как источник электрического тока, хотя, по нашему мнению, это очень перспективное направление, за которым возможно большое будущее. И с появлением современных полупроводниковых материалов и технологий забытый эффект Зеебека снова привлек внимание ученых.

Основная часть

История эксперимента Зеебека

Томас Зеебек - немецкий физик, обучавшийся в университетах Берлина и Геттингена. Томас обнаружил термоэлектрический эффект по причине возникновения движущейся электрической силы в рамках замкнутого контура, состоящего из разных материалов. Со временем было установлено, что разность температур вызвана появляющимся термо-ЭДС, следствием которого является возникновение тока в замкнутом контуре. В 1822 году, в своем эксперименте, Зеебек установил, что магнитная стрелка гальванометра реагировала только тогда, когда он прикасался к месту контакта своими руками. После проведения многочисленных опытов, ученый понял, что это явление основывается на тепле человеческого тела. Поэтому этот эффект был назван термомагнитным [2].

После, в ходе долгих исследований, были изобретены термоэлектрические устройства на основе полупроводниковых материалов. При нагревании одного конца полупроводника в нем появляется электрический потенциал. В

полупроводнике р-типа на холодном конце возникает отрицательный заряд, а в n-электроде - положительный. Если два этих электрода соединить в форме U-образной конструкции с n-p-переходом в нижней части, то нагревание этого стыка приведет к тому, что на верхнем конце р-электрода будет накапливаться отрицательный заряд, а на верхнем конце n-электрода – положительный [1]. Таким образом, между ними возникает электрический ток, и это будет продолжаться до тех пор, пока есть разность температур.

Эффект Пельтье

Этот эффект в 1834 году был открыт Жаном Пельтье. Это термоэлектрическое явление переноса энергии при прохождении электрического тока в месте контакта двух разнородных проводников. Но саму суть эффекта Жан не изложил, а лишь через некоторое время ее изложил Ленц в своем эксперименте, который заключался в следующем. Он между двумя стрелками поместил каплю воды и при прохождении тока в одном направлении капля превращалась в лед, а уже в другом направлении она таяла. Так же, хотелось бы отметить, что эффект Пельтье «обратен» эффекту Зеебека. Но, они почти всегда используются в совокупности. В большинстве устройств, которые есть на данный момент времени, используется эффект Зеебека в паре с элементом Пельтье.

Элемент Пельтье

Это компактное устройство, обычно 4 на 4 сантиметра, которая изготавливается из проводников n и p типа соединенных последовательно.

Так как эффект Зеебека обладает низким КПД, то для решения этой проблемы и используется элемент Пельтье. Чем больше будет последовательно соединенных элементов и проводников, тем выше будет КПД этого источника энергии.

Использование

Эффект Зеебека и Пельтье, хоть и не используются массово, сами по себе эффекты очень интересные. Они не используются в огромных масштабах, так как обладает низким КПД, но на данный момент для частного использования, в условиях кризиса, они довольно актуальны.

Устройство на основе этих эффектов можно использовать в любых труднодоступных для проведения кабелей с электроэнергией местах. Таким образом, им можно пользоваться практически во всех экстренных или обыденных ситуациях. Например, путешественник в тайге, у которого сел аккумулятор на мобильном телефоне, может с легкостью его зарядить без розетки. Или исследователь пещер, у которого разрядился фонарь, сможет наконец осветить себе путь.

В настоящий момент они активно используются в холодильных установках, для охлаждения диодных лазеров, в термопарах, в термоэлектрогенераторах, в преобразователях солнечной энергии, в отопительных системах, применяются в астрофотографии, элементы Пельтье используются при охлаждении приёмников излучения в инфракрасных сенсорах, например в ПЗРК “Джавелин”, “Стингер”.

Также эти эффекты используются для обеспечения энергией космической техники, зондов. Все зонды, которые исследуют необъятные пространства

Солнечной системы, используют эффект Зеебека, чтобы получать энергию для своей электроники. Это происходит благодаря радиационному термоэлектрическому генератору.

Эффект Зеебека активно используется в современном автомобилестроении. Мировые лидеры, такие как Volkswagen и BMW используют в своих автомобилях термоэлектрические генераторы, которые работают на тепле газов, выходящих из автомобиля.

Будущее

Ученые со всего мира очень заинтересованы эффектом Зеебека. Недавно ученые смогли частично избавиться от недостатка этого эффекта. А именно они смогли достичь большей эффективности. Основным минусом этого является то, что оно попросту не может вырабатывать энергию в большом количестве. Ученые предложили использовать немагнитные проводники, которые можно устанавливать во внешнее магнитное поле с температурными пределами 2-20К. В таких случаях должен возникать огромный спиновый эффект Зеебека. Применение таких проводников даст возможность улучшить показания приборов и также расширить их функциональность. Термопары нового поколения даже смогут выдавать ток для подпитки приборов, которые сами его выделяют. К примеру, можно представить охлаждение компьютера. В будущем с помощью этих эффектов могут быть созданы более мощные вычислительные машины, которые дадут новый толчок в развитии информационных технологий и искусственного интеллекта.

С помощью них в будущем, по нашему мнению, можно будет полностью обеспечивать свои дома электроэнергией автономно (2 кВт/сутки). И будет это выглядеть так: мы составим модуль, который будет состоять из модуля Зеебека и двух систем поддерживающий разность температур. И помести его около дом при этом одна часть будет находится ниже на метра 2-3, так как мы все знаем чем ниже мы опускаемся под землю, тем температура ниже. А другая часть будет на поверхности и между ними будет модуль Зеебека. Но может возникнуть проблема с частью которая находится на поверхности из-за ее незащищенности. Но и здесь есть выход мы его теплоизолируем. Таким образом мы получим устройство автономного электроснабжения для дома используя элемент Пельтье. С этим приспособлением уже не придется проводить линии электропередач к дому, не нужно будет загрязнять планету производя электричество из добываемых источников энергии, таких как уголь, нефть, газ и т.д. Так же не нужно будет платить за электроэнергию – вы будете полностью независимы, и не нужно будет задумываться о освоении новых планет.

Для многих людей частой является проблема быстрой разрядки мобильных телефонов, которые могут в самый неподходящий момент израсходовать заряд своего аккумулятора. Для решения этой проблемы можно создать браслет, который будет сам накапливать энергию, например во время прогулки или работы. Работает он по эффекту Зеебека с использованием элемента Пельтье. При разности температур поверхностей браслета, одна из которых находится в окружающей среде, а другая плотно прилегает к коже человека, вырабатывается электрическая энергия, которая накапливается в аккумуляторе нашего браслета.

Когда владельцу будет необходимо воспользоваться зарядкой, он может просто подключить свой телефон к браслету.

Недостатки

Элемент Пельтье обладает низким КПД. На основе этих эффектов нельзя вырабатывать огромное количество энергии.

Преимущества

Элемент Пельтье дешев в производстве, мобилен, не зависит внешних источников, малых размеров, нет трущихся и движущихся частей, что повышает срок службы [3].

Заключение

Эффект Зеебека и Пельтье, как и другие термоэлектрические явления, имеют феноменологический характер. В ходе написания этого проекта мы поняли, что данные эффекты можно использовать как для личного применения, так и для более масштабных производств. Если в каждом доме будет устройство необходимых размеров, можно будет с легкостью закрыть часть человеческих потребностей. В будущем, при изобретении новых термоэлектрических преобразователей, данная технология получит дальнейший виток в своем развитии. Человечество не будет зависеть от ископаемых ресурсов, так как эти эффекты работают только на разности температур. Это также поможет планете, потому что уменьшится количество выбрасываемых в атмосферу вредных веществ с электростанций. В ходе проделанного нами эксперимента, вы заметили, что данные эффекты не так уж и сложны в понимании и изготовлении и каждый самостоятельно сможет сделать дома маленькую электростанцию. В будущем, мы считаем, что данные устройства будут в каждом доме и на каждом производстве.

Литература

1. Эффект Зеебека [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://telemento.ru/blog/effekt-zeebeka/> – Дата доступа: 24.10.2022
2. Эффект Зеебека. Работа и применение. Особенности и устройство [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrotehnika/effekt-zeebeka/> – Дата доступа: 24.10.2022
3. Элементы Пельтье. Работа и применение. Обратный эффект [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/ustrojstva/elementy-pelte/> – Дата доступа: 24.10.2022

УДК 621.311

**ХОЛОДНЫЙ ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ. ГЕНЕРАТОР ПОТАПОВА
COLD THERMONUCLEAR FUSION. POTAPOV GENERATOR**

М.С. Ляшевич, И.С. Вашкевич

Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

M. Lyashevich, I. Vashkevich

Supervisor – Y. Sukhodolov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье рассматриваются работоспособность генератора Потапова, его принцип действия, недостатки и положительные качества. Также идет речь о холодном термоядерном синтезе и явлении кавитации для увеличения вероятности возникновения термоядерных реакций.

Abstract: this article discusses the performance of the Potapov generator, its principle of operation, disadvantages and positive qualities. We are also talking about cold thermonuclear fusion and the phenomenon of cavitation to increase the likelihood of thermonuclear reactions.

Ключевые слова: генератор Потапова, холодный ядерный синтез.

Keywords: Potapov generator, cold nuclear fusion.

Введение

Не для кого уже не секрет, что большинство электроэнергии на нашей планете добывается благодаря природным ископаемым. К сожалению, данный источник энергии не вечен, да и к тому же имеет большой минус – это загрязнение окружающей среды. Многие ученые ищут различные способы, как вырабатывать энергию с максимальным КПД, при этом, не делая ее сильно дорогой. Одной из теорий добычи энергии являются термоядерные реакции, а именно использование энергии холодного термоядерного синтеза. Несмотря на малоизученность данного феномена, ещё в 80-х годах прошлого века было представлено устройство, использующее в основе своей работы этот эффект.

Этим устройством является теплогенератор Потапова на холодном термоядерном синтезе. Благодаря данному генератору можно получить большое количество тепловой энергии, которую в дальнейшем можно использовать для обогрева домов или использования в личных нуждах.

Основная часть

Термоядерная реакция – это соединение двух легких атомных ядер в более тяжелое ядро, с выделением большого количества энергии. Чтобы совершить такую реакцию требуется преодолеть слабое взаимодействие и потенциальный барьер. Дабы достичь этого атомам сообщают большое количество энергии при помощи их нагревания и сжатия. Несмотря на большие затраты энергии для проведения этой реакции, она себя окупает.

Для того чтобы осуществилась ядерная реакция необходимо выполнение двух условий: высокая температура порядка десятков миллионов градусов по цельсию и чрезвычайно близкое расположение ядер друг к другу (на расстоянии

10^{-15} м). Ядра атомов должны преодолеть кулоновский барьер (электростатическая сила, которая отталкивает ядра друг от друга). Для этого им необходимо иметь очень большую кинетическую энергию. Чтобы добиться такого, нужны специальные условия, в которых атомные ядра будут обладать огромными скоростями, а это в свою очередь возможно только при очень высоких температурах. Пока что это единственный способ, который позволяет ядрам сблизиться на расстояния для преодоления кулоновского барьера.

Из графика распределения Максвелла, мы знаем, что чем выше температура системы, тем сильнее график распределения частиц вытягивается вправо, в сторону больших скоростей (энергий). Количество частиц системы, обладающих большой кинетической энергией, растёт с ростом температуры. Все они находятся в хвосте графика Максвелла. Это нам и дает основную идею механизма холодного ядерного синтеза. В системе, где имеется большое число свободных частиц, всегда находятся такие высокоэнергичные частицы, которые способны преодолеть кулоновский барьер с помощью эффекта туннелирования. Благодаря им и происходят реакции ядерного синтеза. В реакцию синтеза вступают только наиболее быстрые ядра. Также имеются частицы с минимальными скоростями близкими к нулю и естественно они не участвуют в реакциях синтеза.

Благодаря этой идее больше нет конфликта между холодным ядерным синтезом и термоядерным синтезом. Однако остается еще одна проблема. Для ядерного синтеза в среде воды, которая содержит в себе ядра водорода, количество молекул из хвоста графика распределения с энергией, которой будет достаточной для преодоления кулоновского барьера ничтожно мало. К тому же молекулы воды находятся хотя и в слабом, но все же связанном состоянии, а это тоже снижает число высокоэнергичных частиц. Отсюда вероятность сильного взаимодействия ядер водорода в воде практически равна нулю. Но, к счастью, решение этой проблемы имеется. Оно было найдено случайно и имеет название кавитация.

Кавитация – физический процесс, благодаря которому в жидких средах образуются пузырьки с водяным паром, которые в дальнейшем схлопываются и высвобождают большое количество тепловой энергии. Данный процесс возникает в результате частичного понижения давления, которое может быть вызвано увеличением скорости. Например, за винтом судна, когда оно вращается. Такая кавитация будет называться гидродинамической. Схожая кавитация может появляться при раскрутке центробежным насосом. Под воздействием переменного давления жидкости на определенные зоны лопастей, пузырьки могут резко сжиматься и расширяться. Это приводит к изменению температуры газа внутри. Зафиксировано, что максимальное значение температуры, которая может достигать внутри пузырьков, составляет 1500 С. Благодаря такой высокой температуре идет увеличение количества высокоэнергичных частиц из хвоста графика распределения Максвелла, которые способны инициировать термоядерную реакцию [1].

Существует два фактора, совместное действие которых приводит к реальной вероятности ядерного синтеза. Первый, самый важный фактор – частицы пара в кавитационных пузырьках не должны находиться в связанном состоянии. А второй – в жидкости должно содержаться большое количество кавитационных пузырьков. Чем больше число кавитационных пузырьков в единице объёма воды, и чем больше температура пара внутри пузырьков, тем больше вероятность ядерной реакции синтеза.

Принцип действия кавитационного теплогенератора Потапова-Фоминского

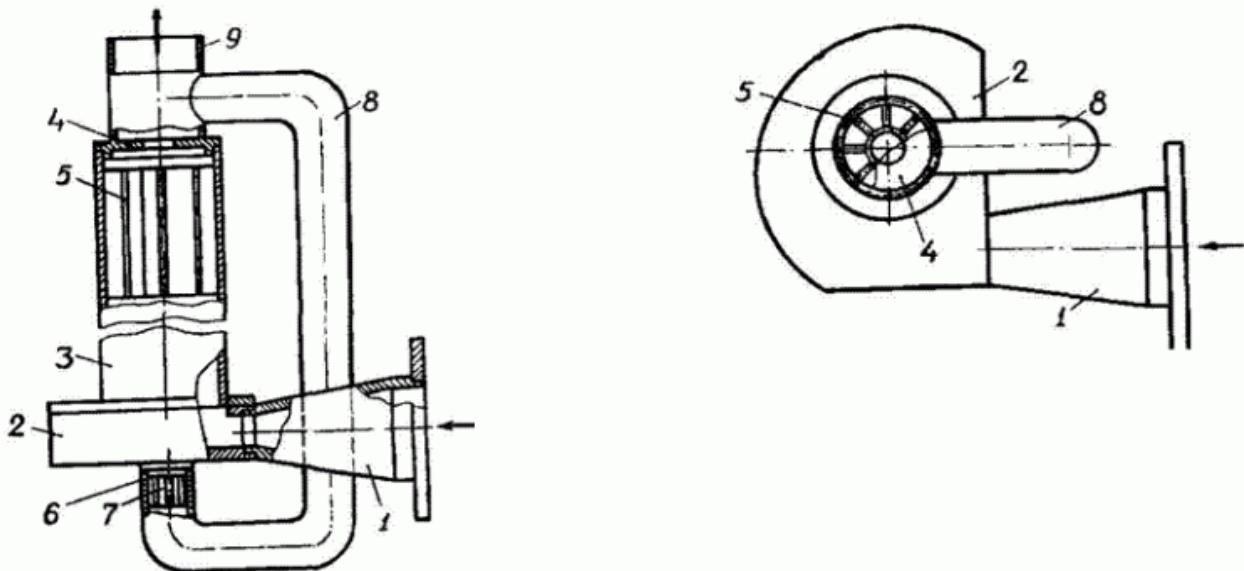


Рисунок 1 – Вихревой теплогенератор Потапова-Фоминского

Вихревой теплогенератор Потапова, который изображен на рисунке 1, соединяется вместе с патрубком 7 и подключается к центробежному насосу (на рисунке не показан). Насос подает воду под давлением около 5-6 атм. Как только поток воды попадает в улитку 2, он начинает быстро закручиваться по спирали. Далее поток поступает в вихревую трубу под номером 3. Необходимо, чтобы длина трубки 3 была в 10 раз больше, чем ее диаметр. После поток жидкости перемещается по винтовой спирали у стенок трубы в сторону ее противоположного конца, который заканчивается доньшком 4. В центре данного доньшка находится отверстие, которое необходимо для выхода горячего потока. Перед доньшком закреплено тормозное устройство 5. Его основной функцией является выпрямление потока жидкости. Устройство выполнено в виде нескольких плоских пластинок, которые радиально приварены к центральному стержню. Когда поток в трубе 3 движется к выпрямителю, в осевой зоне трубы начинает появляться противоположный поток. В нём вода, тоже вращаясь, движется в сторону штуцера 6, который находится на стенке улитки 2. Он необходим для выхода холодного потока. Внутри штуцера 6 также имеется выпрямитель, аналогичный прошлому. Он служит для частичного превращения энергии вращения холодного потока в тепло. Выходящая из него тёплая вода направляется по трубе 8 в участок горячего выхода 9. Там она смешивается с горячим потоком, который выходит из вихревой трубы через выпрямитель. Далее из патрубка 9 уже нагретая вода поступает либо

непосредственно к потребителю, либо в теплообменник. Во втором случае отработанная вода с меньшей температурой возвращается в насос, который вновь подаёт её в вихревую трубу [2].

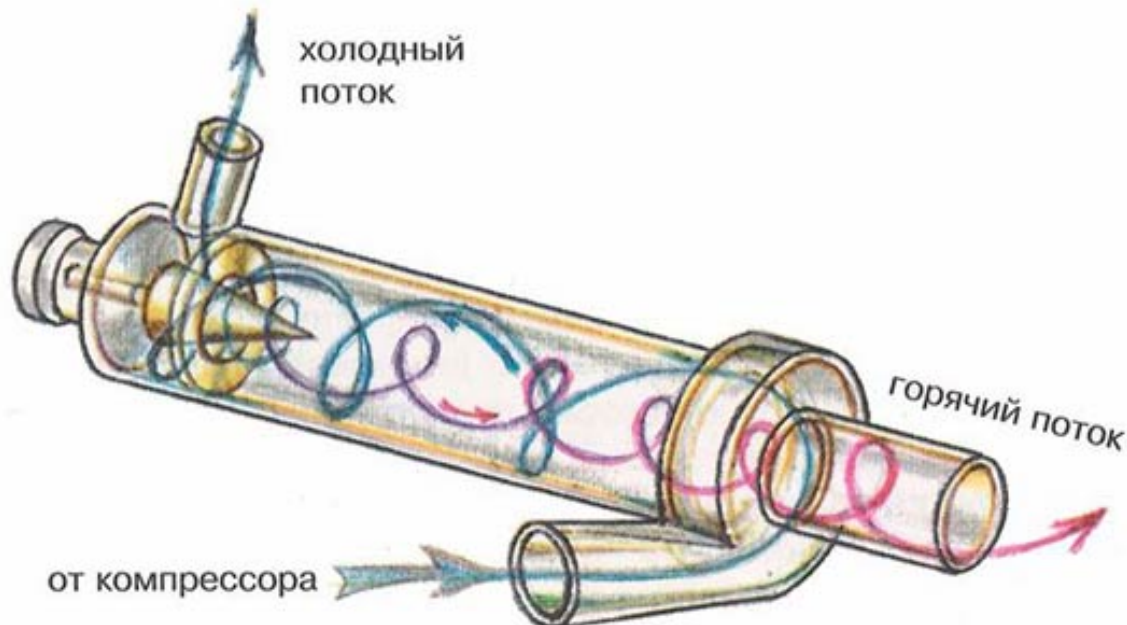


Рисунок 2 – Распределение потоков в теплогенераторе Потапова-Фоминского

За счет явления кавитации происходит адиабатическое сжатие пузырьков внутри установки, что и влечет к нагреву потока воды. Так при чем же здесь холодный термоядерный синтез? Один из передовых исследователей данного генератора Фоминский установил, что один лишь адиабатический процесс не даёт нужного количества энергии для нагрева потока воды, в ходе экспериментов им было выяснено, что вокруг генератора Потапова наблюдается повышенное излучение, что свидетельствует о присутствии внутри генератора ядерных реакций с излучением дополнительной энергии. Температура в процессах данного генератора в пиковом режиме достигает лишь 1000 градусов. Это означает, что в генераторе протекают реакции холодного термоядерного синтеза [3].

Изучив принцип работы данного генератора, а также его энергоэффективность, мы хотим предложить следующий метод по улучшению устройства, используя эффект Зеебека: Данный теплогенератор содержит два патрубка с потоками воды разных температур, если собрать конструкцию из двух разнородных проводников, желательного используя в своей основе слоистые материалы, подсоединенных к стенкам патрубков, то из разности температур двух потоков кроме тепловой энергии можно извлечь и электрическую, которую с помощью умножителя напряжения можно увеличить для нужных целей. В конечном итоге полученную электроэнергию можно использовать для зарядки маломощных устройств или для частичной компенсации затраченной энергии на раскрутку электродвигателя.

Заключение

Итак, подводя итоги по данному теплогенератору мы можем сказать, что это, безусловно, интересное устройство. Для его работы необходимо

электричество только для работы электродвигателя насоса. Благодаря данному устройству мы можем делать более эффективные системы отопления в помещения. Для этого необходимо разместить кавитатор непосредственно перед радиатором. Нагрев жидкости осуществляется за счет эффекта кавитации, тем самым повышая температуру еще на несколько градусов. Таким образом, можно без особых капитальных вложений модернизировать существующие теплосети и повысить их эффективность приблизительно на 10-20%, а в некоторых случаях, даже до 40% [4].

Также, в загородных домах, где нет возможности отапливать дом, от внешних теплосетей, можно купить или собрать самостоятельно теплогенератор. И как мы предлагали ранее, можно сделать систему с элементами Пельте. Благодаря этому мы сможем уменьшить энергопотребление на нагрев нашего помещения.

Литература

1. Холодный ядерный синтез принцип работы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ik-ptz.ru/russian-language/holodnyi-yadernyi-sintez-princip-raboty-chto-takoe-holodnyi-yadernyi-sintez.html> – Дата доступа: 06.11.2022
2. Вихревой двигатель для отопления [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.tproekt.com/vihrevoj-dvigatel-dla-otoplenia/> – Дата доступа: 05.11.2022
3. Энциклопедия радиоэлектроники и электротехники [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.diagram.com.ua/list/power/power1148.shtml> – Дата доступа: 05.11.2022
4. Теплогенератор Потапова [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mr-build.ru/newteplo/vihrevoj.html> – Дата доступа: 06.11.2022

УДК 621.355

**АККУМУЛЯТОРЫ, ЭЛЕКТРОМОБИЛИ
BATTERIES, ELECTRIC VEHICLES**

М.Н. Бондаренко

Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
M. Bondarenko

Supervisor – Y. Sukhodolov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье рассматриваются аккумуляторы, их строение, а также батарея электроавтомобиля Tesla. Ее характеристики, строение и работоспособность. Концепт новой технологии IBM для создания аккумулятора.

Abstract: this article discusses batteries, their structure, as well as the battery of a Tesla electric car. Its characteristics, structure and performance. The concept of a new IBM technology for creating a battery.

Ключевые слова: аккумулятор, Tesla, напряжение, емкость, батарея, ток.

Keywords: battery, Tesla, voltage, electrical capacity, battery, current.

Введение

Принципиальную схему устройства аккумулятора можно представить рисунком упрощенного вида, когда в корпус сосуда вставлены две пластины из разнородных металлов с выводами для обеспечения электрических контактов. Между пластинами залит электролит. Зачастую, эти пластины делают из тяжелых металлов, в частности кобальт и никель.

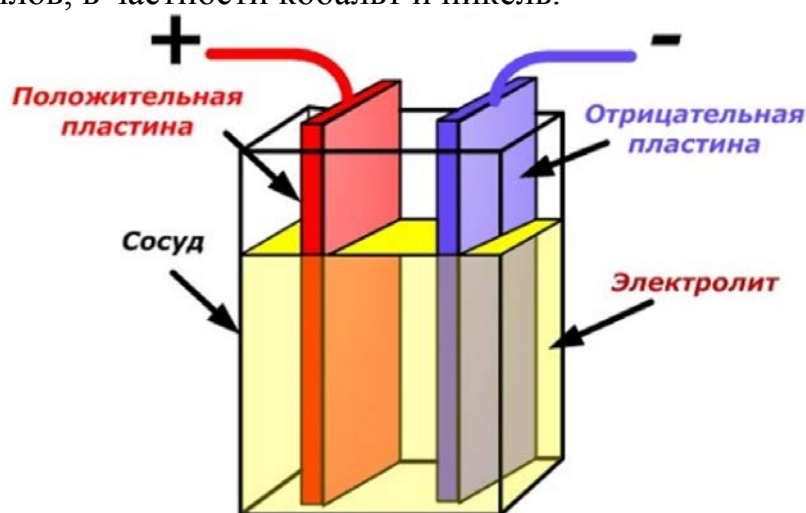


Рисунок 1 – Схема аккумулятора

Новая технология IBM предполагает создание аккумулятора на базе трех новых материалов, среди которых нет тяжелых металлов. К сожалению, химический состав материалов, из которых выполнены анод, катод и жидкий электролит, исследователи не раскрывают, однако уверяют, что необходимые материалы могут быть получены из обыкновенной морской воды.

На данный момент существуют десятки нереализованных по различным причинам концептов. Среди них углеродные нанотрубки электрода лития.

С помощью сильных микроскопических полых нитей с относительно большой площадью (углеродные нанотрубки), ученые из Массачусетского института технологий разрабатывают катод, который хранит и высвобождает намного больше положительных ионов, чем обычные литиевые аккумуляторы. Идея состоит в том, что новый катод увеличит количество энергии, хранящейся в электрической батарее автомобиля, и ускорит электрический поток в десять раз по сравнению с существующими продуктами. Также развитие новых катодов аккумулятора улучшит твердотельные конденсаторы и приведет к комбинации аккумулятор/конденсатор, которая будет в состоянии хранить и поставлять намного больше электроэнергии, чем любое другое доступное аналогичное устройство.

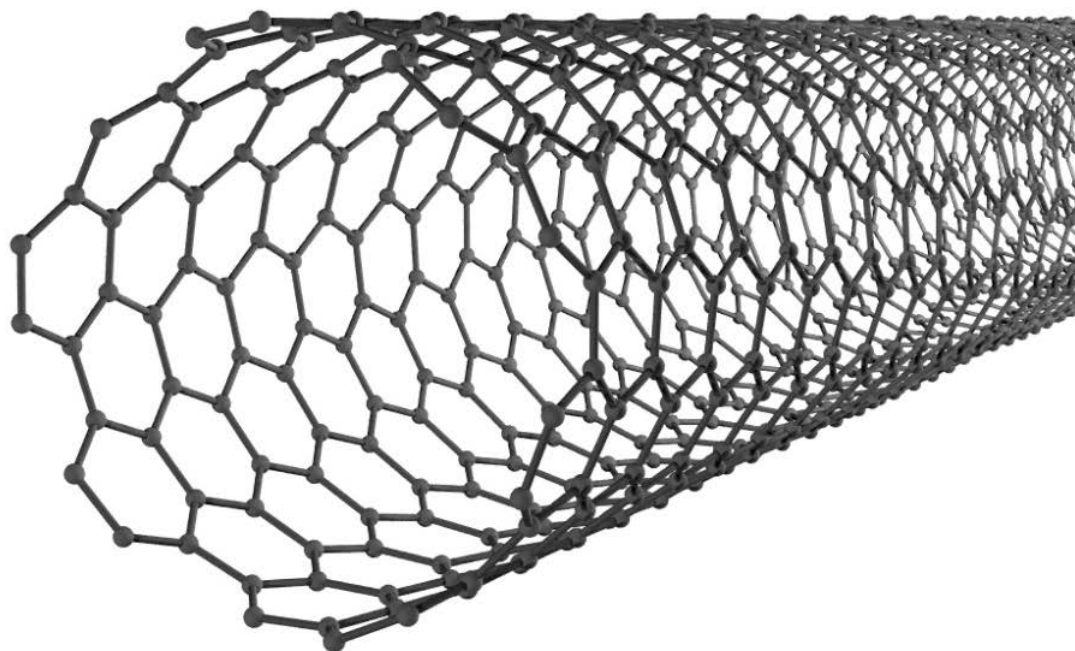


Рисунок 2 – Углеродные нанотрубки

Основными электрическими характеристиками аккумулятора являются:

- Емкость;
- Плотность энергии;
- Саморазряд;
- Температурный режим.

Основная часть

Батарея для электромобиля сегодня весит примерно 500 килограммов. На 80–90% эта сборка состоит из электропроводящих шин и дорогостоящих аккумуляторных ячеек – в их производстве используются редкие химические элементы, цветные и даже драгоценные металлы.

В каждой батарее электромобиля есть множество электронных блоков, датчиков, несколько этапов защиты и контур терморегулирования. Такое сложное устройство ей необходимо, ведь высоковольтной батарее в электрокаре

приходится работать с высокой периодичностью (разряд при каждом разгоне и заряд при торможении) и с очень высокими токами.

Самое заметное отличие тяговой батареи электромобиля (BEV (Battery electric vehicle)) от рядового автомобильного аккумулятора – это рабочее напряжение. Рабочее напряжение – это максимальное напряжение, которому подвергается рассматриваемая часть прибора, когда прибор работает при его номинальном напряжении и в условиях нормальной работы. Сейчас обычным считается напряжение в 350–450 В. Например, у Porsche Taycan электрическая платформа основывается на 800-вольтовой системе.

В качестве примера рассмотрим батарею в электромобиле Tesla. В высоковольтной системе на единицу массы батареи можно запасти намного больше электрической энергии. Если попытаться создать батарею Tesla из обычных свинцовых автомобильных аккумуляторов, то для их перевозки понадобится грузовик. Токи в высоковольтной системе при той же мощности электродвигателя будут ниже. Поэтому можно использовать более тонкие провода, благодаря чему можно экономить массу автомобиля. Такое высокое напряжение смертельно опасно для человека, но при хороших мерах защиты нет никакой опасности для человека.

По сравнению с большинством автомобильных аккумуляторов, внутри ячеек батареи электромобиля нет ни электролита, ни заменяющего его геля. По своему наполнению они схожи с обычными батарейками.

На первых электромобилях применялись никель-металлгидридные (Ni-MH) аккумуляторы. Изначально предполагалась высокая энергоёмкость: в 1 кг такой батареи теоретически можно было запасти до 300 Вт·ч. Однако на практике они показывали плохую статистику. Спустя несколько лет стандартом для электромобилей стали литий-ионные элементы – они считаются невыгодными из-за высокой цены. Но только такие элементы обеспечивают реальную удельную энергоёмкость на уровне 100–250 Вт·ч.

Компания Tesla начала использовать литий-ионные аккумуляторные элементы цилиндрической формы, формата 18650 от японского производителя Panasonic, которые изначально предназначались для батарей ноутбуков. В электромобиле Tesla Model S такие ячейки собраны в шестнадцать 25-вольтовых модулей.

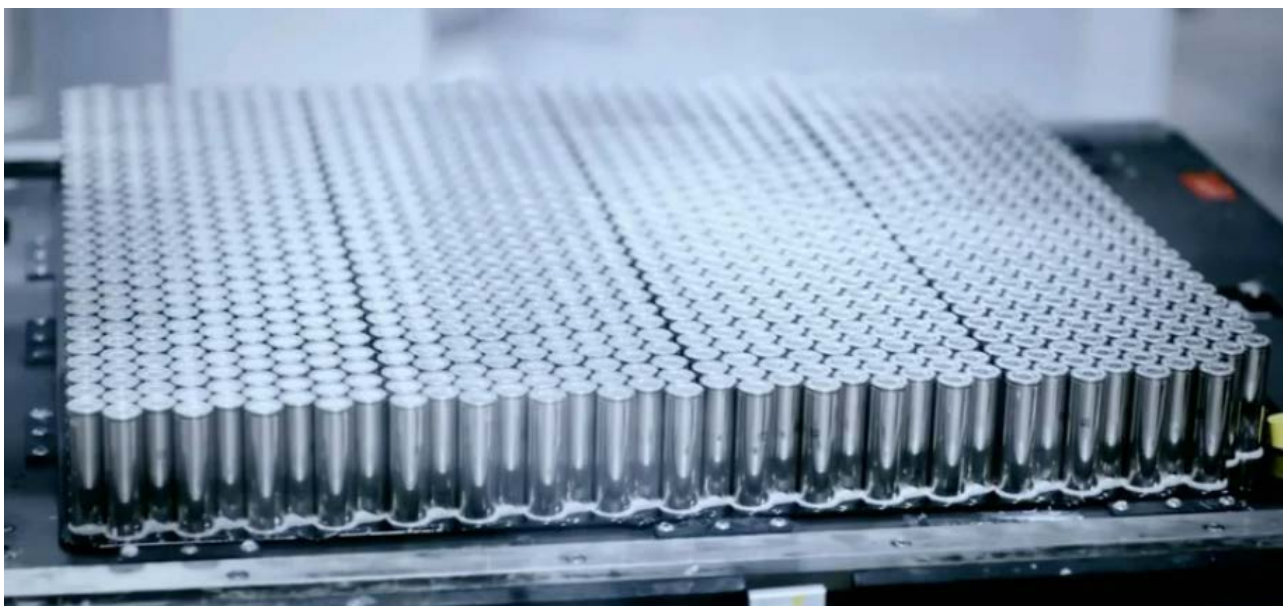


Рисунок 3 – Батареинный блок

Самая крупная и дорогая часть электромобиля Tesla Model S – это блок тяговой аккумуляторной батареи.

Блок тяговой аккумуляторной батареи находится в днище автомобиля. Из-за чего Tesla Model S имеет очень низкий центр тяжести, благодаря которому и великолепную управляемость. Батарея крепится к силовой части кузова при помощи мощных кронштейнов.



Рисунок 4 – Вскрытие аккумуляторной батареи

Тяговая аккумуляторная батарея Tesla (блок тяговой аккумуляторной батареи) состоит 16 батарейных модулей, каждый номинальным напряжением 25В и емкостью по 5,3 кВт·ч.

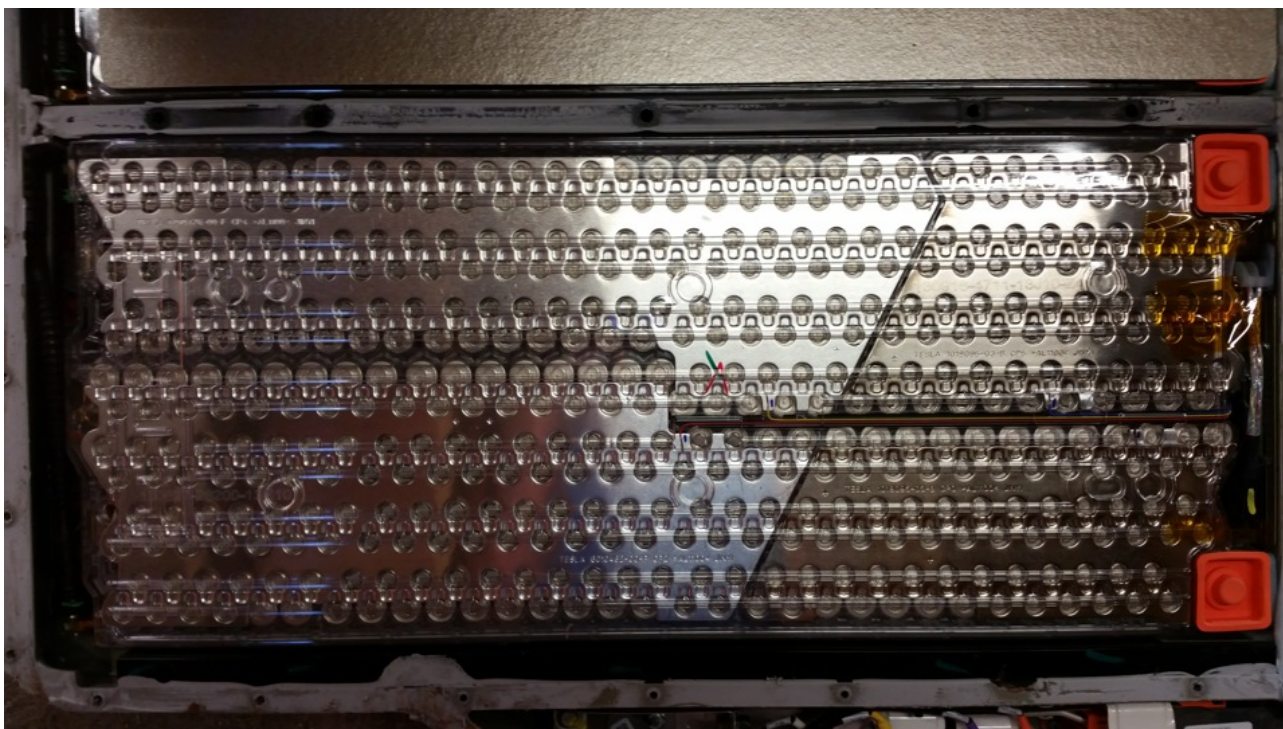


Рисунок 5 – Батарейный модуль

В передней части находится 2 модуля.

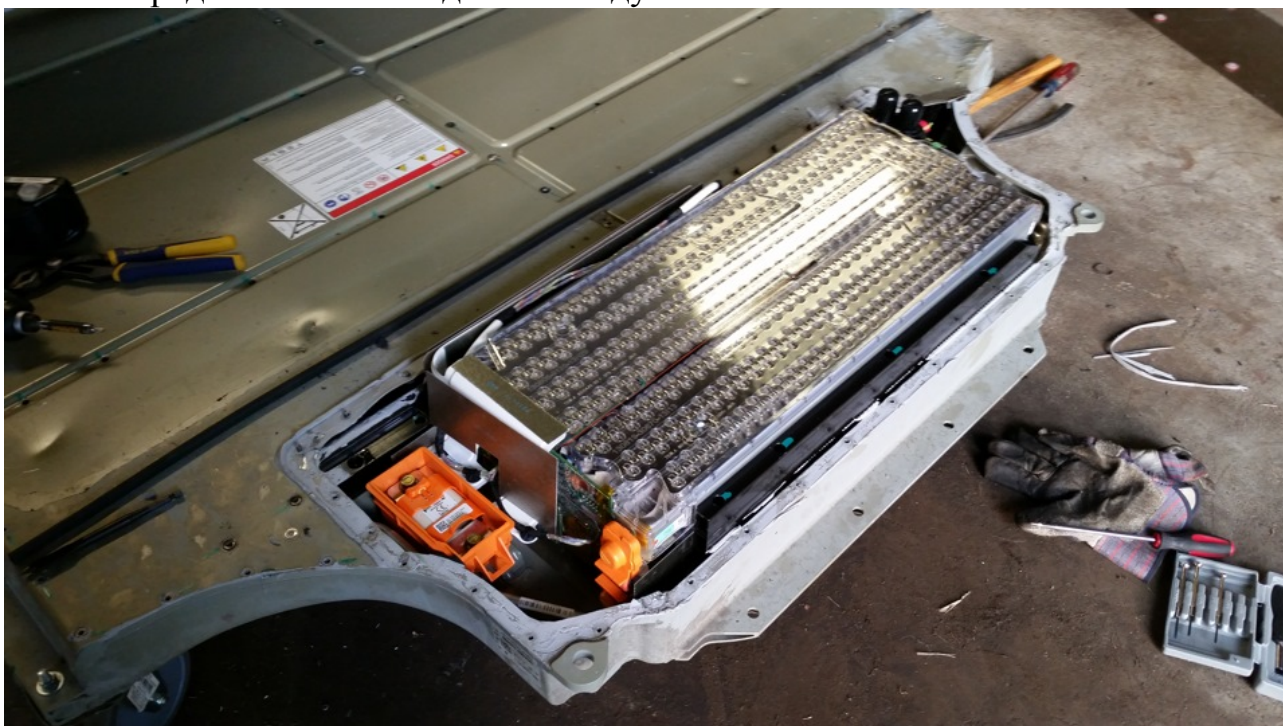


Рисунок 6 – Батарейные модули в передней части

16 батарейных модулей соединены последовательно в батарею с номинальным напряжением 400В и с энергоемкостью 85 кВт·ч. Каждый батарейный модуль состоит из 444 элементов (аккумуляторов) 18650 Panasonic (вес одного аккумулятора 46 г), которые соединены по схеме 6s74p. Параллельно соединяется 74 набора, каждый из которых состоит из 6 последовательно соединенных цилиндрических аккумуляторов. Всего в тяговой аккумуляторной батарее Tesla – 7104 таких элементов (аккумуляторов).

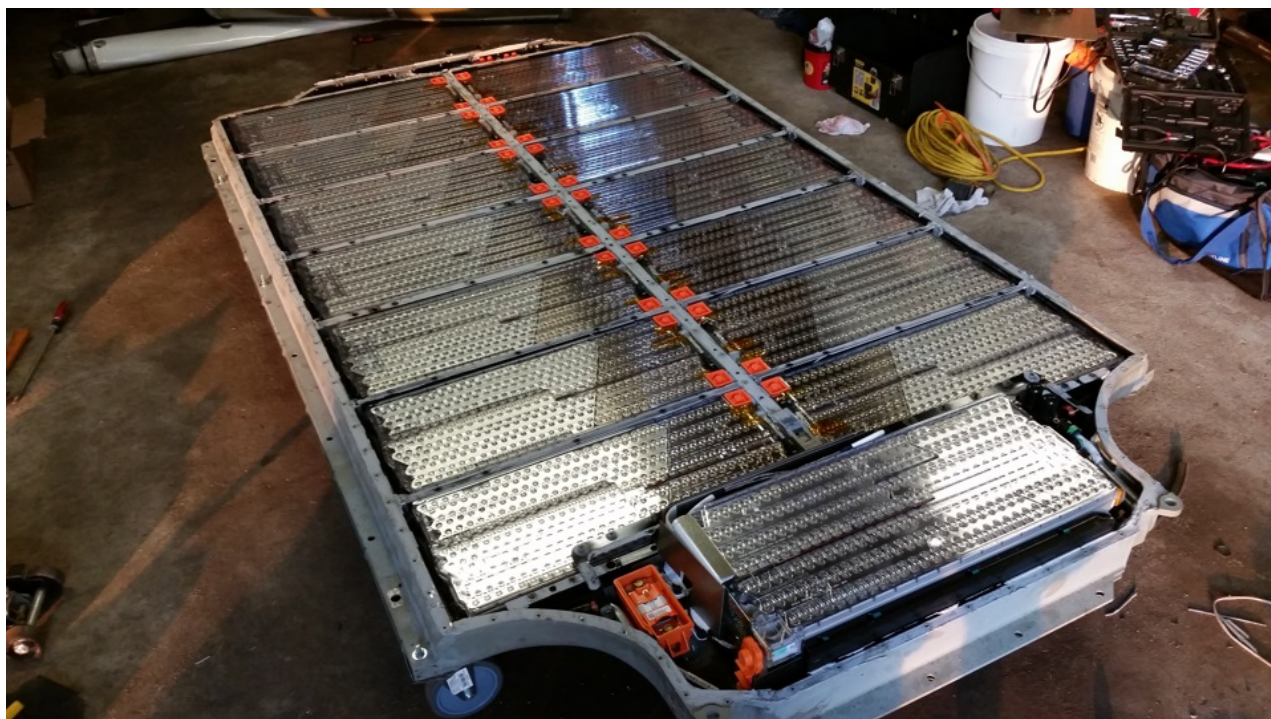


Рисунок 7 – Вскрытая аккумуляторная батарея Tesla

Батарея защищена от окружающей среды с помощью использования металлического корпуса с алюминиевой крышкой. На внутренней стороне общей алюминиевой крышки имеются пластиковые накладки, в виде плёнки. Алюминиевая крышка крепится винтами с металлическими, и резиновыми прокладками, которые герметизируются, дополнительно силиконовым герметиком.

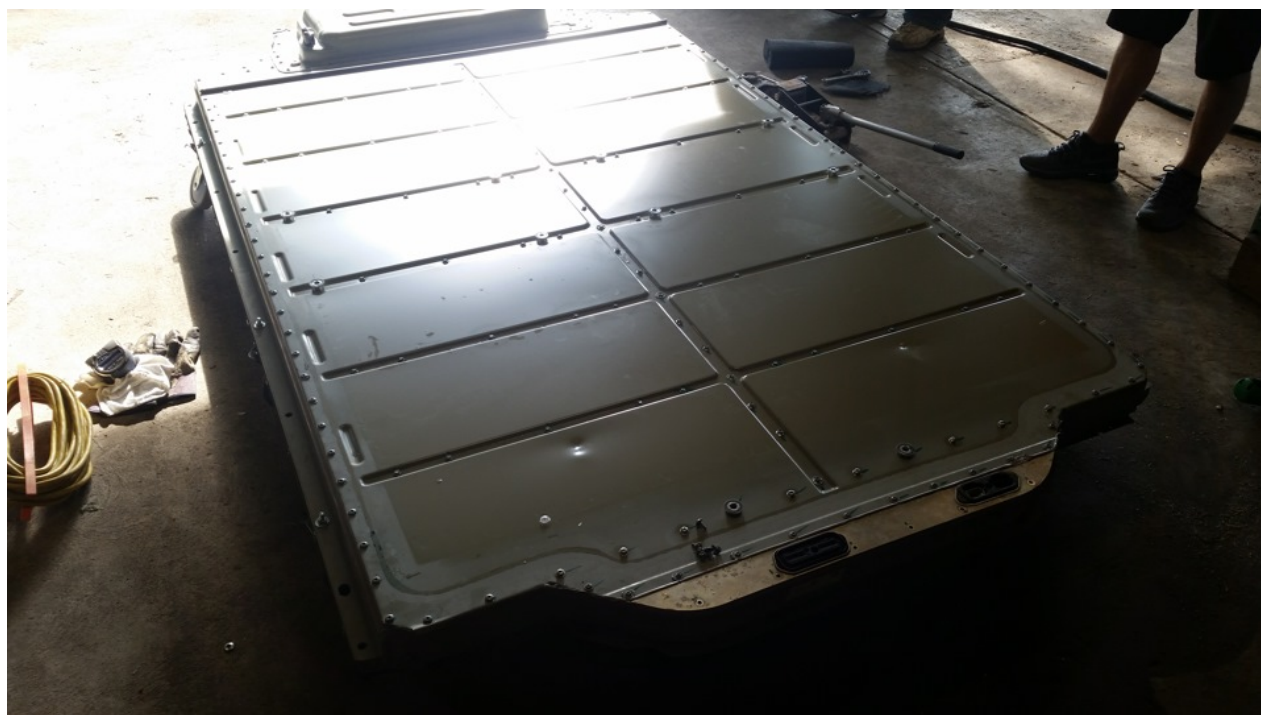


Рисунок 8 – Батарея с защитным корпусом

Блок тяговой аккумуляторной батареи разделен на 14 отсеков, в каждом отсеке размещен батарейный модуль. В каждом отсеке сверху и снизу батарейных модулей размещены листы прессованной слюды. Благодаря листам слюды обеспечивается хорошая электрическая и тепловая изоляция батареи от корпуса автомобиля. Отдельно спереди батареи под своей крышкой размещены два таких же батарейных модуля. В каждом из 16 батарейных модулей имеется встроенный блок ВМУ (он управляет зарядом блока из нескольких десятков или сотен элементов. Его функция сводится к балансировке токов между последовательно и параллельно соединёнными ячейками), который соединён с общей системой BMS (она управляет и распределяет энергию, возлагается на центральный контроллер BMS. Он же, как правило, несёт ответственность и за ресурсные параметры всей батареи, следя за тем, чтобы нагрузка на все модули распределялась оптимально).

В аккумуляторах 18650 Panasonic положительный электрод (анод) - графит, а отрицательный электрод (катод) NCA (никель, кобальт, оксид алюминия).

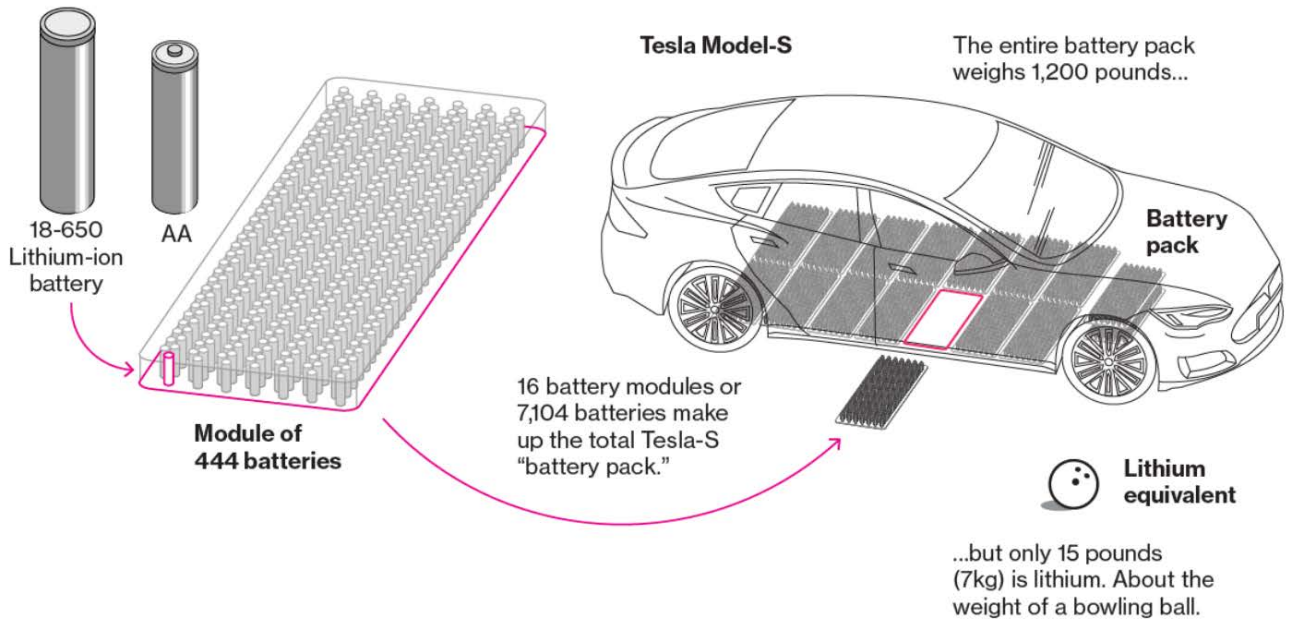


Рисунок 9 – Состав батареи Tesla



Рисунок 10 – Литий-ионные батареи Panasonic 18650

На презентации Tesla Battery Day в сентябре 2020 года Илон Маск представил интересные перспективы, касающиеся дальнейшего производства аккумуляторных батарей.

Он пообещал, что примерно через 3 года будет налажено серийное производство АКБ нового поколения – более мощных и долговечных. При этом их цена обещает быть в 2 раза ниже нынешней. Есть предположение, что он имел в виду литий-железо-фосфатные аккумуляторы, но это только одно из предположений.

Литий железо фосфатные АКБ отличаются от остальных литиевых элементов питания материалом катода (литий-фосфат железа) и меньшим номинальным напряжением – 3,2 В. Но главное – они превосходят аналоги по химической и термической стабильности, морозоустойчивости, циклическому ресурсу и безопасности использования.

Электромобиль движется под действием электрической энергии, которую он первоначально запасает в своих аккумуляторах. При движении автомобиля электрическая энергия приходит на электромагнитный разъем. Оттуда под управлением водителя и сигналов от датчиков энергия поступает на электродвигатели, которые крутят колеса и заставляют автомобиль двигаться.

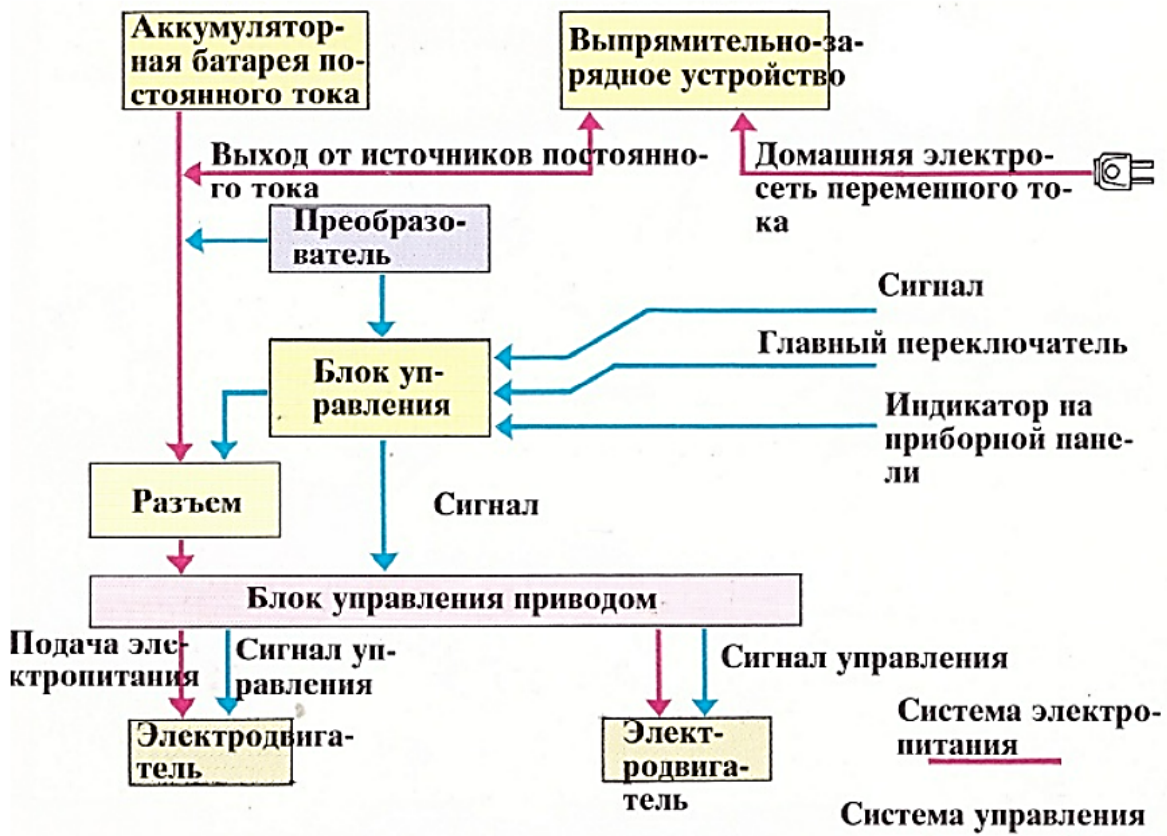


Рисунок 11 – Схема работы электромобиля

Мощный постоянный магнит, находящийся внутри электродвигателя, позволяет вращать колесо без ведущего вала и шестеренок. Поэтому в

электромобиле нет дифференциала, передаточных устройств с шестеренками и коробки передач. Энергия там идет от электродвигателя прямо на колеса.

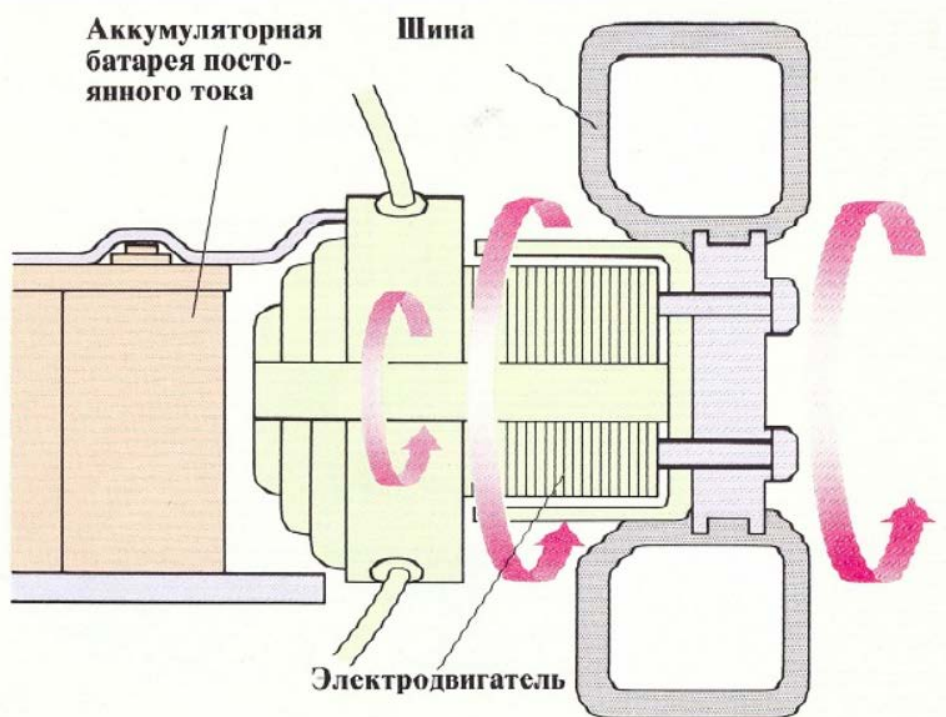


Рисунок 12 – Схема работы электродвигателя

Заключение

Батарея электромобиля состоит из множества маленьких батареек и за счет их химического состава и архитектуры соединения выдает большую мощность, позволяющую автомобилю в кратчайшие сроки набрать высокую скорость. Благодаря многоуровневой системе защиты, большое напряжение не угрожает жизни человека.

Литература

1. Drive2.ru [Электронный ресурс] / Из чего состоит батарея для Tesla Model S. – Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/1978720/>. – Дата доступа: 17.03.2022
2. Триумф инжиниринг [Электронный ресурс] / Тяговые литий-ионные батареи Tesla, что внутри? – Режим доступа: <http://triumph.engineering/info/articles/tyagovye-litii-ionnye-batarei-tesla-cto-vnutri/>. – Дата доступа: 17.03.2022
3. Auto.ru Журнал [Электронный ресурс] / Как устроена батарея электромобиля. – Режим доступа: <https://mag.auto.ru/article/kak-ustroena-batareya-elektromobilya/>. – Дата доступа: 17.03.2022

УДК 621.395.721.5

**ПРОБЛЕМЫ 6G СЕТЕЙ
PROBLEMS OF 6G NETWORKS**

Д.И. Чернявский

Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
D. Cherniavsky

Supervisor – Y. Sukhodolov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье рассматриваются 6G сети, проблематика их создания, а также возможные методы решения этих проблем.

Abstract: this article discusses 6G networks, the problems of their creation, as well as possible methods for solving these problems.

Ключевые слова: 6G сеть, передача сигнала, беспроводная связь.

Keywords: 6G network, signal transmission, wireless communication.

Введение

Существуют пять поколений технологий передачи данных, 1G или аналоговые, 2G, 3G, 4G и, соответственно, 5G.

1G сети – это аналоговые системы, построенные на аналоговой модуляции радиосигналов, главной функцией которых является осуществление передачи голоса на расстояние. Беспроводные сети в этом поколении были плохо развиты, подвержены сильным искажениям и обладали очень низкой скоростью передачи данных.

В то же время 2G сети – это идейный продолжатель первого поколения сетей, который имел явное отличие – использование цифровых радиосигналов с частотой 800 – 900 МГц, это дало ряд преимуществ: улучшенное качество звука, повышенная производительность за счет шифрования данных при отправке, а также дешифровке при получении, вкуче с намного большей защищенностью сигнала.

3G – третье поколение технологии связи. В отличие от прошлого поколения, связь основывается на пакетной передаче данных на границе дециметрового и сантиметрового диапазона (900 – 2100 МГц), что, в свою очередь, позволяет применять высокоскоростную беспроводную передачу данных, организовывать видеотелефонную связь, работать с видео данными в режиме онлайн. 4 и 5G сети – это логичное эволюционное развитие технологий прошлых поколений, плавно развивающее их идеи: повышение защищенности обмена данными между клиентами за счет введения новых методов шифрования трафика, увеличение скорости и объёма доступа каналов данных благодаря расширению покрытия полосы передачи в канале, увеличению количества антенн и агрегации частот. Также в 5G сетях был произведен переход в более высокий частотный диапазон в 24 ГГц и выше (при 2,4 и 5 ГГц в сетях 4G).

Основная часть

6G сети – это шестое поколение беспроводной связи, которое претендует на прорыв в сфере мгновенной передачи информации, что, безусловно, предоставит опору для дальнейшей более глубокой цифровизации жизни. За счет повышения скорости и количества одновременных хостов, использующих один канал передачи данных, ожидается, что произойдет толчок в развитии таких направлений, в массовом ключе, как виртуальная и дополненная реальности, повсеместная мгновенная связь, повсеместный искусственный интеллект и интернет вещей. Будет упрощаться интеграция и использование интеллектуальных автоматизированных систем, которые будут основаны на мобильных вычислениях и искусственном интеллекте.



Рисунок 1 – Потенциальные потребности в спектре и возможности 6G

Для успешной реализации этой технологии потребуется обновить составные части предыдущего поколения или разработать с нуля новые модули сети. Темы, которые привлекают внимание исследователей: стандартизация требований к спектру, каналные измерения, нанофотодетекторы, антенные решетки со сверхбольшой апертурой, новые формы сигнала модуляции.

Ожидается, что новые стандарты требований к спектру в новом поколении сетей 6G позволит, использовать гораздо более широкую полосу пропускания – выше, чем даже полоса миллиметрового диапазона, и намного более высокий предельный диапазон – вплоть до терагерцового диапазона. За счет разработок китайских исследователей, становится возможна высокоскоростная передача данных, которая использует вихревые миллиметровые волны – чрезвычайно высокочастотные радиоволны с быстро меняющимися спинами. В рамках этих изменений потребуются расширение спектра и дополнительные полосы, которые будут обеспечивать расширенную гибкость при развертывании сетей следующего поколения.

Также с вводом терагерцовой полосы в спектр передачи сигнала возникнут проблемы, которые придется решить. А именно, канальным измерениям в новой терагерцовой полосе будут присущи более высокие потери на трассе луча в свободном пространстве. Также в связи с молекулярным поглощением будет происходить нежелательное взаимодействие с водяным паром, согласно закону Бера-Ламберта, потери на молекулярное поглощение экспоненциально возрастают с увеличением расстояния передачи.

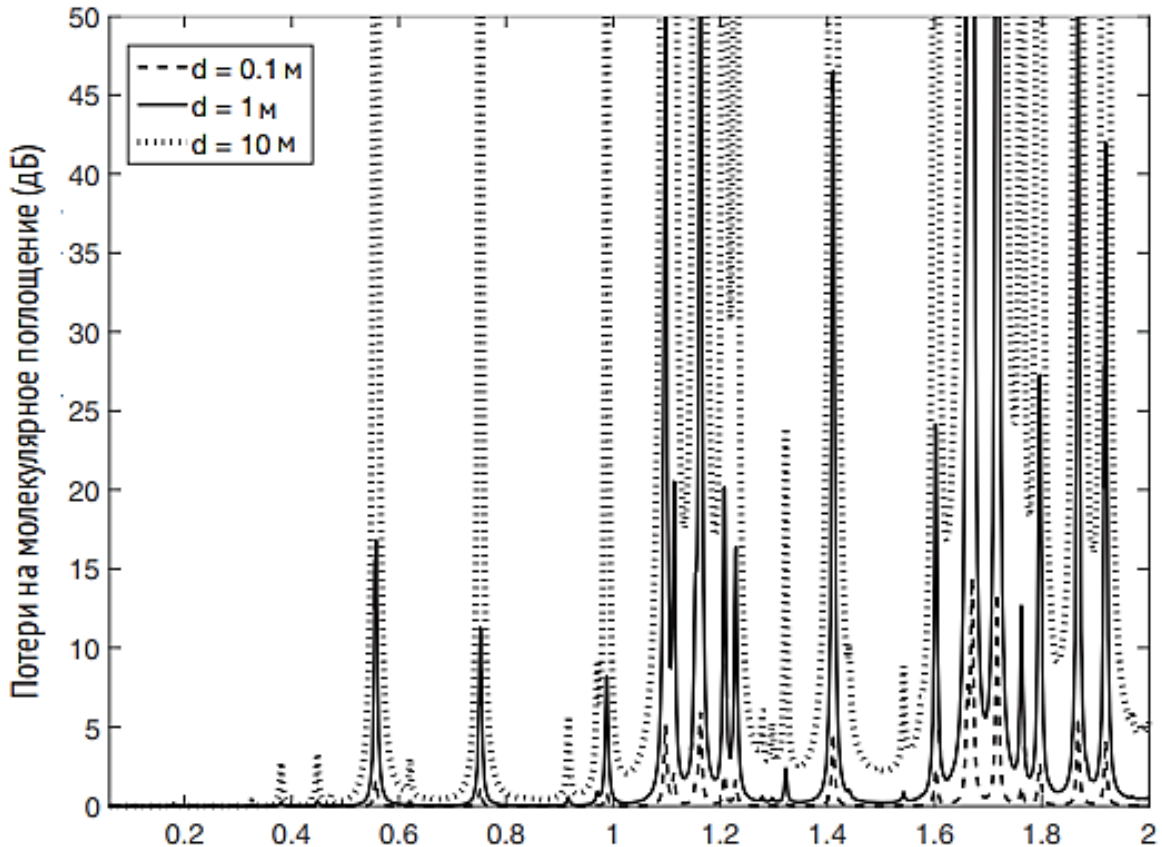


Рисунок 2 – Потери на молекулярное поглощение в ТГц-диапазоне

Существует проблема с формированием изображений с рабочей частотой выше 1 ТГц, она заключается в ограничениях быстродействия кремниевых компонентов. Современные системы построения изображений выше 1 ТГц в большей части основаны на больших оптических системах и слишком громоздки для интеграции. Развитие нанотехнологий может решить проблему мобильности при помощи нанофотодетекторов. Главное их преимущество, помимо обработки в тераполосах, это их небольшой размер, экономичность, масштабируемость и энергоэффективность вкуче с достаточным уровнем быстродействия. Главный претендент на глобальное использование – это чувствительная матрица из углеродных нанотрубок. Она может преобразовывать освещающее ТГц-излучение в измеряемый фототок в цепи считывания. Кроме того, эта матрица может быть изготовлена на гибкой подложке для использования в носимых устройствах.

Решетки со сверхбольшой апертурой является многообещающей технологий для сверхмассивных систем Mass Input Mass Output (множественный ввод, множественный вывод). Они представляют собой решетки, состоящие из

большого количества антенн, которые совместно обеспечивают обслуживание распределенных пользователей. В дополнение к расширению взаимодействия с отправителями данных, эта технология позволяет использовать пространственное мультиплексирование большого количество устройств связи, что существенно улучшает обработку данных от размещенных в одном районе устройств. Но все еще не выбраны алгоритмы, которые будут удовлетворять требованиям, сильно отличающимся от требований традиционного семейства массивных ММО.

В дополнение ко всем описанным выше проблемам, до сих пор не определена форма и схема модуляции сигнала. Главная проблема текущей схемы модуляции заключается в переносе на новое поколение сетей: обширные замирания из-за многолучевого распространения; очень низкая эффективность обслуживания сценариев расширенного покрытия с использованием спектра; высокий PAPR (отношение пикового уровня мощности сигнала к среднему), что приводит плохому взаимодействию с высокочастотными сигналами. Существует достаточно решений, которые решают те или иные вопросы, но еще не придуман ни один универсальный метод модуляции и определения формы сигнала. Среди множества предлагаемых решений выделены самые многообещающие: в сценариях, когда передача по линии связи ограничивается зоной покрытия, может применяться сигнал OFDM с дискретным преобразованием Фурье и расширением спектра с низким PAPR; для уменьшения PAPR применяют модуляцию по схеме двоичной фазовой манипуляции; технология ограничения спектра, которая позволяет очень гибкую обработку в частотной области, включая мультиплексирование пользователей и каналов, выделение ресурсов и агрегацию несущих.

Заключение

Подводя итог можно выделить ключевые факторы, которые определяют потребность в новом поколении сети

- Новые применения в различных сферах жизни: развитие онлайн бизнеса за счет расширения сфер виртуальной и дополненной реальности, применение ИИ в различных сферах автоматизации за счет потребления больших объемов данных, передаваемых в реальном времени.
- Также не малую роль сыграет распространение новых технологических решений: расширение не наземной связи, применение сетей как сенсоров и мониторинг окружающей среды в режиме реального времени.
- Переход на новый уровень в скорости передачи данных позволит перейти на нативную поддержку ИИ, встроенную высококлассную защиту данных и автоматически поддерживаемую добросовестность в предпринимательстве, диверсифицированную экосистему.
- Развитие удаленно обрабатываемого ИИ приведет к скачку в росте как потребительского, так и прочих рынков за счет автоматического анализа и обработке информации.

Развертывание 6G сетей планируется начать к 2026-2028 году.

Литература

1. Вэнь Тонг Сети путь от 5G к 6G / Вэнь Тонг, Пейин Чжу – ДМК Пресс, 2022. – 624 с.: ил.
2. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/6G>. Дата доступа: 23.10.2022

УДК 621.3

**ДВИЖЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
ПОДУШКИ
MOVEMENT USING ELECTROMAGNETIC PAD**

Л.Ч. Вороник, М.О. Слизавский

Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

L. Voronik, M. Slizavsky

Supervisor – Y. Sukhodolov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация. изучены разные виды линейных двигателей и их принцип работы. Определены все преимущества и недостатки существующих левитационных транспортных систем. Сделаны выводы о возможностях будущего использования транспорта на электромагнитной подушке и их использования в повседневной жизни.

Abstract: studied different types of linear motors and their principle of operation. All the advantages and disadvantages of existing levitation transport systems are determined. Conclusions are drawn about the possibilities of the future use of transport on an electromagnetic cushion and their use in everyday life.

Ключевые слова: магнетизм, маглев, магнитная подушка.

Keywords: magnetism, maglev, magnetic pillow.

Введение

Явление магнетизма, магнетическая сила – известны людям с древних пор. Наука и теперь далеко не до конца выяснила природу магнетизма, его роль в жизни, однако сумела во множестве случаев использовать это явление. Проблема магнитной левитации на транспорте – сокращенно маглев – интенсивно исследуется уже в течение последних пятидесяти лет. Самое большое своё применение магнитная подушка нашла в железнодорожном транспорте. Поэтому представляется интересным подробнее познакомиться с этой технологией.

Основная часть

При выявлении перспектив магнитной подушки необходимо решить следующие задачи:

- изучить принципы работы магнитной подушки;
- изучить виды магнитной подушки;
- проанализировать существующие магнитные подушки, их преимущества и недостатки;
- выделить наиболее перспективные разработки магнитной подушки.

Постоянные магниты – это тела, длительное время сохраняющие намагниченность, то есть создающие магнитное поле. Основное свойство магнитов: притягивать тела из железа или его. Магниты бывают естественные и искусственные, представляющие собой намагниченные железные полосы.

Для движения транспорта на магнитной подушке используются линейные двигатели. Линейный двигатель – это электрическая машина, которая

предназначена для осуществления линейно направленного движения какого-либо объекта или рабочего органа.

В линейной машине обмотки движущейся катушки подключаются к источнику трёхфазного напряжения переменного тока, благодаря чему создается магнитное поле, движущееся прямо, эквивалентное вращающемуся полю в обычном синхронном двигателе. Постоянное магнитное поле, создаваемое магнитным путем, взаимодействует с переменным электромагнитным полем подобно тому, как это происходит в машине кругового вращения, в связи с чем, и возникает смещение движущейся катушки. При этом скорость движения поля, как и скорость самой движущейся катушки, определяется как:

$$V_S = 2 \cdot t \cdot f_s \text{ [м/с]} \quad (1)$$

где t – шаг полюсов, f_s – частота питающей сети.

Клаус Хальбах расположил постоянные магниты в виде блоков. Постоянные магниты были изготовлены из порошковой металлургии редкоземельных элементов из сплава неодим-железо-бор (NdFeB) с остаточной индукцией около 1,2 Тл.

Магнитные поля отдельных магнитов складываются, и результат удивителен: в нижней части этой системы магнитное поле очень сильное – оно достигает значения примерно до 1 Тл, тогда как в области в верхней части системы магнитное поле очень слабое. Размагничивающая часть их петли гистерезиса имеет остаточную индукцию $B_r = 1,0$ Тл и коэрцитивную напряженность магнитного поля $H_r = 800$ кА/м.

В транспортной системе Inductrack, в которой используется магнитная система Хальбах отношение массы магнитов системы Хальбаха к их левитационной силе составляет примерно 1:50.

Физическая природа Inductrack очень проста. Помимо системы постоянных магнитов Хальбаха используется система прямоугольных, так называемых левитационных катушек, соединенных коротко. Катушки левитации расположены с одной стороны в области чуть ниже нижней части системы Хальбаха и встроены в проезжую часть. А магнитная система Хальбаха связана с автомобилем. При движении автомобиля в катушках левитации индуцируются токи, магнитное поле которых взаимодействует с магнитным полем постоянных магнитов и отталкивает их. Сила левитации увеличивается со скоростью транспортного средства, пока не достигнет определенного предела. Это довольно много, около 40 т/м^2 активной поверхности магнитной системы Хальбаха, вес которой составляет всего около 800 кг/м^2 , т.е. одну пятидесятую веса левитирующего.

Поезд на магнитной подушке – это поезд, удерживаемый над полотном дороги, движимый и управляемый силой электромагнитного поля. В использовании находятся два типа маглевов на электромагнитной подвеске (EMS) и системе электродинамической подвески (EDS).

Маглевы имеют ряд других преимуществ по сравнению с обычными поездами. Они дешевле в эксплуатации и обслуживании, потому что отсутствие трения качения означает, что детали не изнашиваются быстро. Однако не следует

забывать, что самым большим препятствием для развития систем магнитной подвески является то, что они требуют совершенно новой инфраструктуры, которую нельзя интегрировать с существующими железными дорогами и которая также будет конкурировать с существующими автомагистралями, железными дорогами и воздушными маршрутами.

Заключение

Изучены принципы работы магнитной подушки и её использование в транспортных системах. Проанализированы преимущества и недостатки существующих поездов на магнитной подушке.

Таким образом, прослеживается перспективность использования транспорта на магнитной подушке и возможна будущая замена привычного транспорта. Вклад в эту сферу, безусловно, важен, т.к. в современном мире с каждым днем все больше растет роль стабильных, дешёвых в эксплуатации и обслуживании транспортных средств, коими уже являются маглев. А дальнейшее развитие, как уже показали новые разработки Inductrack и не только, продолжает увеличивать потенциал и маглев и увеличение сфер их использования.

Литература

1. Maglev transportation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.britannica.com/technology/maglev-train> – Дата доступа: 20.10.2022
2. Скоромец Ю.Г. Линейный двигатель на транспортном средстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://technology.snauka.ru/2012/08/1307> – Дата доступа: 20.10.2022
3. МАТЕРИАЛЫ XXI НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bsac.by/sites/default/files/2021/stud_konf_2021.pdf – Дата доступа: 20.10.2022
4. Halbach Arrays [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kjmagnetics.com/blog.asp?p=halbach-arrays> – Дата доступа: 20.10.2022
5. Поезда на электромагнитной подушке [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://2balla.ru/poezda-na-elektromagnitnoi-podushke-poezda-na-magnitnoi-podushke.html> – Дата доступа: 20.10.2022

УДК 621.3

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ
ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ****PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF
RENEWABLE ENERGY IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

Е.С. Павич, М.А. Мякина

Научный руководитель – В.В. Зеленко, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

E. Pavich, M. Myakina

Supervisor – V. Zelenko, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: проблемы и перспективы развития возобновляемой энергетики в Республике Беларусь – это то, что относится к повышению энергоэффективности национальной экономики, проблема, которая является наиболее значимой и имеющая приоритет в реализации.

Annotation: problems and prospects for the development of renewable energy in the Republic of Belarus is something that relates to improving the energy efficiency of the national economy, a problem that is significantly significant and has a priority in implementation.

Ключевые слова: энергетика, проект/программа, развитие, рост, приоритет.

Keywords: energy, project/program, development, growth, priority.

Введение

Повышения энергоэффективности национальной экономики относится к числу наиболее значимых и имеющих приоритет в реализации проблем. В ходе решения проблем предусмотрен комплекс мероприятий по реализации энергосберегающей политики на основе максимально возможного и экономически целесообразного вовлечения в топливно-энергетический баланс местных видов топлива, вторичных энергоресурсов, а также возобновляемых и нетрадиционных источников энергии.

Основная часть

Актуальность проблемы рационального и экономного использования топливно-энергетических ресурсов в Беларуси обусловлена, прежде всего, высоким (до 85%) уровнем ресурсной импорт зависимости и охраняющейся все еще высокой энергоемкостью производства. Абсолютная и относительная ограниченность природных ресурсов, особенно органических видов топлива, предопределяет значимость их замещения более дешевыми и доступными видами. Это в свою очередь диктует необходимость реализации политики диверсификации поставок нефти, природного газа, угля и электроэнергии, а также снижения к 2015 г. Доли доминирующего поставщика углеводородов до 70-71% [1].

В 2021 году был принят указ, в котором утверждалась новая программа социально-экономического развития Республики Беларусь

Указ президента Республики Беларусь от 29 июля 2021 г. № 292 «Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы»

Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы (далее – Программа) разработана Правительством Республики Беларусь совместно с облисполкомами и Минским горисполкомом при участии Национальной академии наук Беларуси и Национального банка, представителей научного и бизнес-сообщества в соответствии с Законом Республики Беларусь от 5 мая 1998 г. № 157-3 «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Республики Беларусь».

В основу разработки Программы положены предвыборная программа Президента Республики Беларусь, ключевые задачи Послания Главы государства белорусскому народу и положения, одобренные на VI Всебелорусском народном собрании. Программа подготовлена исходя из преемственности целей и задач Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года, директив Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства», от 31 декабря 2010 г. № 4 «О развитии предпринимательской инициативы и стимулировании деловой активности в Республике Беларусь» и других правовых актов.

В Программе определены цель, задачи и приоритетные направления социально-экономического развития страны, ключевые меры по их реализации, отражены ожидаемые результаты и целевые индикаторы развития отраслей, сфер экономики и регионов.

Программа направлена на создание предпосылок для роста благосостояния граждан, обеспечение комфортного проживания в каждом регионе страны, развитие человеческого потенциала. Базовое условие – устойчивый качественный рост экономики.

Достижение поставленных в Программе задач будет обеспечиваться посредством создания регуляторной среды в рамках реализации Программы деятельности Правительства Республики Беларусь на период до 2025 года и выполнения конкретных мероприятий при реализации государственных, отраслевых и региональных программ, Национального инфраструктурного плана Республики Беларусь на 2021–2025 годы [2].

Постоянно растущий спрос на топливо опережает прирост объемов располагаемых мировых запасов почти в 4 раза. По мнению экспертов Международного энергетического агентства МОА (International Energy Agency - IEA), мировой спрос на первичные энергоресурсы достигнет к 2030 г. 17010 млрд т в нефтяном эквиваленте, что означает прирост данного показателя к уровню 2005 г. на 45% [3]. Чтобы удовлетворить нынешнюю мировую потребности в нефти потребовалось бы введенные в эксплуатацию шестикратных нефтяных запасов Саудовской Аравии.

При существующей структуре потребления первичных энергоресурсов для сохранения приоритетности традиционной энергетики предполагаемый объем

инвестиций в 2011-2030 гг. составит 26 млрд дол. [3]. При всём этом однозначно будет прирост потребности в финансовых ресурсах, его можно обусловить тем, что необходимо обновление технопарка энергетического оборудования и совершенствования технологических процессов.

Перечень основных внутригосударственных направлений обеспечения энергетической безопасности включает ряд принципиальных возможностей предотвращения соответствующих угроз, снижения вероятности их возникновения и ослабления последствий. Исторически сложившаяся отраслевая структура национальной экономики с преобладанием энергорасточительных производственной и коммунально-бытовой сфер показывает существенные резервы энергосбережения, оцениваемые в республике в размере 10 млн т у.т., как в самой энергетике, так и в других отраслях народнохозяйственного комплекса. Важнейшими задачами развития ТЭК республики являются удовлетворение потребностей отечественных потребителей в энергоресурсах посредством повышения энергоэффективности в производстве и быту, рационализации структуры топливно-энергетического баланса страны, поиска дополнительных источников, включая ВИЭ.

Вовлечение в хозяйственный оборот ВИЭ является важнейшей составляющей национальной стратегии энергосбережения, цель которой заключается в реализации правовых, научных, организационных, производственных, технических и экономических мер, направленных на повышение энергоэффективности. Теоретическая и практическая значимость данного направления закреплена в Законе Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии», утвержденном 27.12.2010 г. [3].

Согласно закону, к ВИЭ следует отнести энергию солнца, ветра, тепла земли, естественного движения водных потоков, древесного топлива, других видов биомассы. Как свидетельствует мировая статистика, заметный прогресс в использовании ВИЭ отмечен в последнее десятилетие. К началу 2010 г. более чем в 100 странах мира, что почти вдвое больше, чем в 2005 г., законодательством и нормативно-правовой базой закреплены различного рода стратегические цели для стимулирования развития возобновляемой энергетики [6].

Оценка итогов выполнения основных показателей Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2006-2010 годы свидетельствует, что по большинству из них прогнозные параметры достигнуты. За отмеченный период создано 105 новых производств, внедрено 359 новых технологий, реконструировано и модернизировано 255 действующих предприятий. Объем экспортных поставок за пять лет увеличен втрое, освоен выпуск многих видов импортозамещающей продукции.

Республиканская энергетическая стратегия, базирующаяся прежде всего на модернизации электроэнергетики, позволила за истекший пятилетний период реализовать 21 проект, включающий реконструкцию Лукомльской ГРЭС, Минской ТЭЦ-3, Гродненской ТЭЦ-2 и др. Построено 6 мини-ГЭС и ЗТЭС на местных видах топлива, введено в эксплуатацию более 1,4 тыс. котлоагрегатов, функционирующих на местных и возобновляемых источниках энергии.

Комплексная реализация политики энергосбережения позволяет решать задачи диверсификации источников энергии, что способствует увеличению доли местных и возобновляемых энергоресурсов в балансе котельно-печного топлива на 3,7 процентных пункта и достижению в 2010 г. 20,5%. Данные достижения в области реализации энергосберегающих мероприятий позволили сэкономить более 8,5 млн т условного топлива, что составляло 4,5% от валового потребления ТЭР за пятилетие.

В текущем пятилетнем периоде сохраняется стратегия обеспечения конкурентоспособности отечественной продукции и услуг на внутреннем и внешнем рынках при обеспечении тенденций снижения энерго- и импортзатрат, повышения инновационной и инвестиционной активности организаций, структурной трансформации национальной экономики и развития национальной инновационной системы.

Намечено довести долю инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции промышленности до 20-21%. Согласно программным документам, объем иностранных инвестиций на душу населения составит 700-745 дол. США (рост в 1,7 раза), доля в основном капитал в ВВП - 37,5 против 32% в 2010 г.

В разработанной Правительством Программе социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011- 2015 годы в качестве важнейших задач отмечено совершенствование структуры экономики на основе приоритетного развития ресурсосберегающих, наукоемких и высокотехнологичных производств, с высокой долей добавленной стоимости и прогрессивных видов услуг. Ожидается снижение энергоемкости ВВП на 29-32 %, материалоемкости продукции в организациях промышленности и сельского хозяйства - на 5 - 7 %. По результатам восьми месяцев 2011 г. энергоемкость ВВП снижена на 7.7 % [1].

В текущем пятилетнем периоде особое внимание будет уделено развитию топливно-энергетического комплекса, в частности в области создания новых организационных основ для эффективного функционирования энергетики в рыночных условиях хозяйствования. Предусматривается развитие ценовой и налоговой политики, стимулирующей повышение энергоэффективности.

Планируется дальнейшая модернизация нефтеперерабатывающих заводов с целью увеличения глубины переработки нефти и расширения номенклатуры выпускаемой продукции. Для осуществления политики диверсификации поставщиков и видов энергоресурсов с целью обеспечения энергетической безопасности страны намечается дальнейшее совместное освоение нефтяных месторождений за рубежом, вовлечение в топливно-энергетический баланс каменного угля (строительство Зельвенской КЭС), местных видов топлива и возобновляемых источников энергии и строительство Белорусской АЭС. С целью совершенствования системы управления процессами развития энергетики и стимулирующих повышение энергоэффективности предусматривается введение перспективных технических регламентов, национальных стандартов и норм, унифицированных с международными. В республике планируется наращивание объемов хранения газа, нефти и продуктов ее переработки, а также

развитие сетевой энергетической инфраструктуры и рост экспортных и транзитных возможностей.

Заключение

В топливно-энергетической сфере государственным приоритетом является поиск и промышленная эксплуатация альтернативных источников энергии, используя современные мировые технологии.

Реализация отмеченных направлений позволит повысить энергоэффективность экономики, снизить уровень ресурсной импортозависимости, усилить энергетическую и экономическую безопасность страны, а значит и ее стабильность, и конкурентоспособность.

Литература

1. Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011-2015 годы: Указ Президента Республики Беларусь, 11 апр. 2011 г., № 136 // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь. - 2011.-№43
2. Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы: Указ Президента Республики Беларусь 29.07.2021 № 292 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – 2021. Доступно: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P32100292>
3. International Energy Agency (IEA) / World Energy Outlook. 2008. - Paris, 2008.- P.3, 5, 59.
4. Смольская, Н.А. Методологические и практические аспекты оценки потенциала возобновляемых источников энергии / Н.А. Смольская // Экон. бюл. НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь. - 2010. - №12. - С. 62-66.
5. О возобновляемых источниках энергии: Закон Респ. Беларусь, 27 дек. 2010 г., № 204-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. - 2010.- №2 - 2/1756.
6. Renewables 2010 Global Status Report [Электронный ресурс]. -Режим доступа: http://ren21.net/REN21/Portals/97/documents/REN21_GSR_full_revised%20Sept2010.pdf

УДК 621.1.016:536.2

**ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ НА СУДАХ
ELECTRIC MOTORS ON SHIPS**

А.В. Максимович, И.В. Калиновский

Научный руководитель – В.В. Зеленко, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Maksimovich, I. Kalinovsky

Supervisor – V. Zelenko, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье будет рассказано об асинхронных электродвигателях, их происхождении и использовании на судах.

Abstract: this article will talk about asynchronous electric motors, their origin and use on ships.

Ключевые слова: асинхронные электродвигатели, магнитное поле, ЭДС, правило правой руки.

Keywords: asynchronous electric motors, a magnetic field, EMF, right hand rule.

Введение

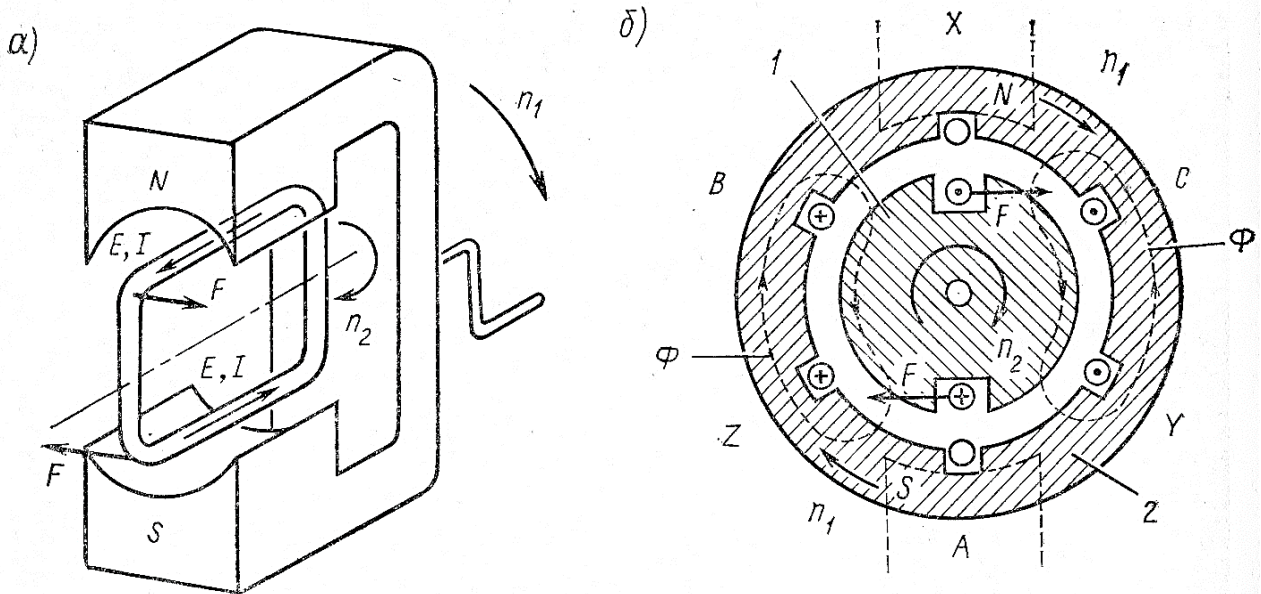
Широкое внедрение электромеханических устройств начинается после Октябрьской революции 1917 г., когда электрификация всей страны стала основой технической политики нового государства. Можно сказать, что XX век стал веком становления и широкого распространения электромеханики.

Доливо-Добровольский справедливо считал, что увеличение числа фаз в двигателе улучшает распределение намагничивающей силы по окружности статора. Переход к трехфазной системы от двухфазной уже дает большой выигрыш в этом отношении. Дальнейшее увеличение числа фаз нецелесообразно, так как приводит к значительному увеличению расходов металла на провода.

Для Теслы же казалось очевидным, что чем меньше число фаз, тем меньше требуется проводов, и следовательно тем дешевле устройство электропередачи. При этом двухфазная система передачи требовала применения четырех проводов, что представлялось не желательным в сравнении с двух проводными системами постоянного или однофазного переменного токов. Поэтому Тесла предлагал применять трехпроводную линию для двухфазной системы, делая один провод общим. Но это не сильно уменьшало количество затрачиваемого на систему металла, так как общий провод должен был быть большего сечения.

Основная часть

Принцип действия асинхронного трехфазного двигателя основан на использовании вращающегося магнитного поля. На рисунке 1,а представлена модель, поясняющая работу двигателя. При вращении постоянного магнита с частотой n_1 в неподвижном замкнутом витке индуцируется ЭДС E и протекает ток I , направление которого определяется правилом правой руки.



A-X, B-Y, C-Z — соответственно начала и концы фазных обмоток статора;
 Φ – распределение силовых линий вращающегося магнитного поля; 1 – ротор; 2 – статор
 Рисунок 1 – Принцип действия асинхронного двигателя

В результате взаимодействия активных сторон витка, по которым протекает ток I , с вращающимся полем постоянного магнита создается пара сил $F-F$ (правило левой руки), под действием которой возникает вращающий момент в направлении вращения поля. Виток будет вращаться с частотой $n_2 < n_1$, т. е. асинхронно.

На рисунке 1,б показан простейший асинхронный двигатель. В пазах внутренней поверхности неподвижного стального цилиндра (статора) уложена трехфазная обмотка так, что оси катушек AX, BY и CZ лежат в одной плоскости под углом 120° относительно друг друга.

Из электротехники известно, что при подключении такой обмотки в сеть трехфазного переменного тока обмотка создает вращающееся магнитное поле. На рисунке 1,б показано распределение силовых линий Φ вращающегося магнитного поля в рассматриваемый момент времени. Результирующий магнитный поток будет действовать по оси условных полюсов NS (показаны пунктиром).

Для уменьшения магнитного сопротивления и увеличения вращающего момента активные стороны замкнутого витка размещаются в пазах вращающегося стального сердечника (ротора).

Так как магнитное поле статора и ротор вращаются в одном направлении, то разность их частот вращения определяет скорость перемещения потока относительно ротора:

$$n_1 - n_2 = n_s \tag{1}$$

Относительная разность частот вращения поля статора и ротора называется скольжением:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \tag{2}$$

или (%)

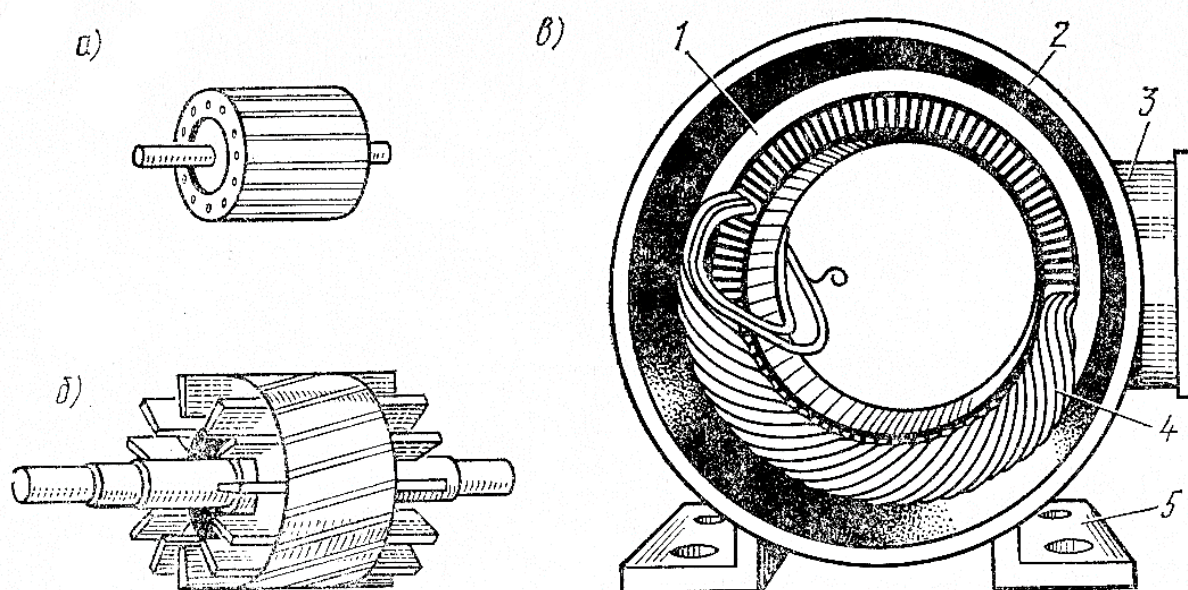
$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100 \quad (3)$$

где n_1 и n_2 – частота вращения, об/мин.

Для увеличения вращающего момента асинхронного двигателя в пазах его ротора укладывают большое число витков, которые образуют обмотку ротора.

По конструкции обмотки ротора асинхронные двигатели выполняют двух видов: с короткозамкнутым ротором и с фазным ротором.

Обмотку короткозамкнутого ротора выполняют из латунных или медных стержней, которые вставляют в неизолированные пазы ротора и по торцам замыкают накоротко медными кольцами (рисунок 2,а). Такая обмотка получила название «беличья клетка». Наиболее широко применяют «беличью клетку», изготовленную путем заливки под давлением пазов ротора алюминиевым сплавом (рисунок 2,б). При этом одновременно отливают торцевые кольца с вентиляционными лопастями.



1 – сердечник статора; 2 – станина (корпус); 3 – выводная коробка; 4 – укладка двухслойной обмотки; 5 – лапы

Рисунок 2 – Трехфазный асинхронный двигатель

Обмотка фазного ротора состоит из трех катушечных групп. Катушки наматывают изолированным медным проводом и вставляют в изолированные пазы ротора. Катушки каждой группы, соединенные по определенной схеме, образуют однофазные обмотки. Полученную таким образом трехфазную обмотку соединяют обычно звездой и подключают к трем изолированным контактными кольцам, укрепленным на валу ротора.

На судах в основном применяют асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Для уменьшения потерь стали сердечники статора и ротора набирают из штампованных листов электротехнической стали

толщиной 0,5 мм, изолированных один от другого лаковой пленкой. Сердечник ротора жестко крепят на стальном валу. Сердечник статора запрессовывают в стальную или из алюминиевого сплава станину (рисунок 2,в), которая является несущей конструкцией машины. На торцах станина заканчивается съемными подшипниковыми щитами, в которые устанавливают концами вал ротора с подшипниками.

Так как обмотки статора и ротора связаны между собой только посредством магнитного потока, создаваемого статором, то величину воздушного зазора δ между статором и ротором делают по возможности меньше ($\delta = 0,25-0,35$ мм у машин малой мощности и $\delta = 1-1,5$ мм у машин большой мощности). Нижний предел зазора ограничивается по механическим соображениям.

Трехфазная обмотка создает слабое вращающееся магнитное поле у двигателей и малую ЭДС E у генераторов, поэтому в реальных машинах трехфазная обмотка состоит из многовитковых катушек.

Ширина витка катушки (шаг Y обмотки), как и у машин постоянного тока, должна быть примерно равна полюсному делению τ (рисунок 3). Катушка наматывается медным изолированным проводом и ее активные стороны укладывают в два изолированных паз сердечника статора. Одну сторону катушки укладывают в паз под одним полюсом, а вторую – под другим. Это необходимо для суммирования ЭДС E витков катушки у генераторов и МДС – у двигателей.

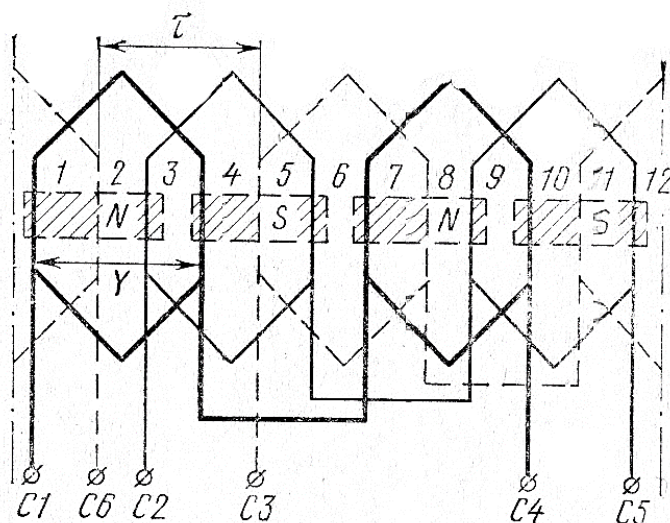


Рисунок 3 – Простейшая трехфазная однослойная обмотка статора

Для образования трехфазной обмотки необходимо, чтобы под каждым полюсом находились стороны катушек всех трех фаз. У генераторов реальные полюсы расположены на вращающемся роторе, а у синхронных двигателей условные «вращающиеся» полюсы создаются вращающимся полем трехфазной обмотки статора.

Различают обмотки одно- и двухслойные, сосредоточенные и распределенные, волновые и петлевые.

Наиболее широко распространены двухслойные петлевые обмотки с укороченным шагом. Укорочение шага обмотки ($Y < \tau$) приводит к некоторому

уменьшению ЭДС E у генераторов, но позволяет приблизить форму кривой ЭДС E к необходимой синусоидальной форме и уменьшает расход меди.

В однослойных обмотках каждая активная сторона катушки занимает один паз и число катушек вдвое меньше числа пазов. В двухслойных обмотках все катушки имеют одинаковые размеры, одна сторона катушки лежит в верхней половине паза, другая – в нижней. Число катушек равно числу пазов.

Катушки обмотки фазы соединяют одну с другой со стороны лобовых частей. Начала и концы обмоток выводят в выводную коробку и обозначают: первая фаза $C1 - C4$, вторая $C2 - C5$, третья $C3 - C6$. В полузакрытые пазы статора с уложенной обмоткой вставляют деревянные или текстолитовые клинья, а всю обмотку пропитывают специальным лаком и покрывают изоляционной эмалью.

Заключение

Исходя из выше сказанного, можно утверждать, что трехфазная система токов, предложенная Доливо-Добровольским, была оптимальной для передачи энергии. Она практически сразу нашла широкое применение в промышленности и до наших дней является основной системой передачи электрической энергии во всем мире.

Асинхронные электродвигатели просты по конструкции, экономичны и надежны в работе. На судах асинхронные двигатели применяют для привода различных машин, механизмов и устройств, таких как, краны, лебедки, лифты, насосы и другая автоматика; они составляют 80—90% общего числа устанавливаемых на судне электродвигателей.

Электродвигатель асинхронный с короткозамкнутым ротором позволяет значительно снизить энергопотребление оборудованием, которое он питает, обеспечить высокий уровень его надежности, увеличить срок службы.

Литература

1. История создания электродвигателя [Электронный ресурс] / история создания электродвигателя – Режим доступа: <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/history/> . – Дата доступа: 29.10.2022.
2. Электродвигатели [Электронный ресурс] / устройство и принцип действия асинхронных электродвигателей – Режим доступа: <https://www.electroengineer.ru/2015/03/design-and-operation-of-induction-motors.html> . – Дата доступа: 29.10.2022.

УДК 621.3

**ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА
HISTORY OF THE CREATION OF THE NUCLEAR REACTOR**

К.С. Юркевич, А.В. Синявская

Научный руководитель – В.В. Зеленко, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

K. Yurkevich, A. Siniauskaya

Supervisor – V. Zelenko, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk*Аннотация:* вклад Энрико Ферми в создание первого ядерного реактора.*Abstract:* enrico Fermi's contribution to the creation of the first ever nuclear reactor.*Ключевые слова:* ядерный реактор, быстрые нейтроны, ценная самоподдерживающаяся реакция деления.*Keywords:* nuclear reactor, fast neutrons, self-sustaining fission chain reaction.**Введение**

Создание первого в истории ядерного реактора внесло огромный вклад в развитие ядерной физики, квантовой и статистической механики, а также физики элементарных частиц. Работу над этим проделал Нобелевский лауреат по физике 1938 года «за доказательство существования новых радиоактивных элементов, полученных при облучении нейтронами, и, связанное с этим открытие ядерных реакций, вызываемых медленными нейтронами.

Основная часть

Энрико родился в семье простого служащего 29 сентября 1901 в Риме. В отличие от старшего брата и сестры, у него рано появился интерес к точным наукам. Вместе с ними он проводил различного рода физические опыты, однако этого ему было недостаточно, и он узнавал новое самостоятельно из книг.

После окончания школы он в 1918 году поступает в университет в Пизе, который оканчивает в 1922 году и отправляется в Германию и Нидерланды на стажировку. Уже в 1925 году он решает вернуться в Рим.

В этом же году, работая в Флорентийском университете, открывает новые частицы с полужелтым спином. Позже, в честь него, их называют фермионами.

После создания квантовой статистики, в 1926 г. Ферми занимает должность профессора кафедры теоретической физики в этом университете и начинает заниматься исследованием искусственной радиоактивности. Уже в 1928 г. способствует продвижению теории о состоянии многоэлектронных атомов (которая сейчас называется теорией Томаса-Ферми) и публикует «введение в атомную физику».

Благодаря его достижениям к 27 годам жизни его приглашают в Королевскую Академию наук в Италии. И там, с 1932 года, он начинает работать в сфере ядерной физики, где спустя 2 года он продвигает теорию бета-распада, благодаря которой в последствии открывается теория слабых взаимодействий элементарных частиц.

Спустя 4 года, в 1938 году, Ферми, за его исследования радиоактивных элементов, отмечают Нобелевской премией.

Уже к 1939 году было известно такое понятие как быстрые нейтроны, кинетическая энергия которых больше какой-либо установочной (для ядерных реакторов принято считать больше 0,1 мегаэлектронвольт). Ферми же предположил, что к их испусканию приводит их деление. Следующим предположение физика было о цепной самоподдерживающейся реакции деления, которая протекает в результате превышения числа выпущенных к числу поглощенных электронов.

Так как достать графит в больших количествах намного проще, нежели уран, Энрико начал разрабатывать урана-графитовую систему и способы поддержания цепной реакции деления в ней.

Летом 1942 года, после года испытаний, ученые определили величину размножения нейтронов. Это открытие положило начало проектированию ядерного реактора, который был построен уже 2 декабря 1942 года. Эксперимент, проведенный в этот день, впервые в мире продемонстрировал цепную самоподдерживающую реакцию деления. Она продолжалась 28 минут, а коэффициент размножения нейтронов был чуть больше единицы.

Строение реактора:

Изначально разрабатывание и строительство реактора было инициировано в военных целях для наработки оружейного плутония и называлось «Чикагской поленицей». На строительство ушло 5,4 тонны металлического урана, 45 тонн оксида урана и 360 тонн графита, а высота составляла 6 метров.

Строение было выполнено из графитовых блоков и в каждом втором слое блоки были полыми, а внутри размещалось ядерное топливо (металлические слитки и прессованные оксиды урана). Три типа стержней из бористой стали и кадмия позволяли осуществлять проверку скорости реакции.

Управление с пульта позволялось с первого регулирующего типа стержня. Второй тип был аварийным (его подвешивали над реактором, и в случае непредвиденной ситуации перерубали веревку и стержень, упавший в реактор, глушил реакцию). Третий же стержень требовался для создания условий, при которых проводилась управляемая ядерная реакция и его доставали вручную.

В основной части реактора (активной зоне) происходит деление ядер и выделение ядерной энергии (выходящая в виде газа, воды или другого вещества), которая может быть использована для создания горячего пара, вращающего турбину электростанции. Данная зона обычно имеет форму цилиндра и содержит ядерное топливо (уран, плутоний), которого должно быть больше, чем критическая масса.

Заключение

Конечно, современные реакторы намного продуманнее и технологичнее, поскольку у данного реактора ни система охлаждения, ни система защиты работников от радиоактивного излучения не были предусмотрены. Однако создание первого ядерного реактора позволило человечеству открыть новые возможности в области ядерной физики.

Литература

1. История ядерного проекта [Электронный ресурс] / история ядерного проекта. - Режим доступа: <https://postnauka.ru/longreads/86544/>. – Дата доступа: 29.10.2021
2. Энрико Ферми [Электронный ресурс] / Энрико Ферми. - Режим доступа: 1-2_Soder.indd (irk.ru) – Дата доступа: 03.11.2021

УДК 621.311

**ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ
ELECTRIC MOTORS FOR PUMPING STATIONS**

В.С. Устюжанина, М.А. Максимчук, М.Ю. Федькин
Научный руководитель – В.В. Зеленко, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
V. Ustyuzhanina, M. Maksimchuk, M. Fedkin
Supervisor – V. Zelenko, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: применение электродвигателей на насосной станции.

Abstract: application of electric motors at a pumping station.

Ключевые слова: электродвигатели, насосные станции, асинхронные электродвигатели, схемы.

Keywords: electric motors, pumping stations, asynchronous electric motors, circuits.

Введение

Электрический двигатель электрическая машина (электромеханический преобразователь), в которой электрическая энергия преобразуется в механическую.

В основу работы подавляющего числа электрических машин положен принцип электромагнитной индукции и силового воздействия магнитного поля. Электрическая машина состоит из неподвижной части – статора (для асинхронных и синхронных машин переменного тока), подвижной части – ротора (для асинхронных и синхронных машин переменного тока) или якоря (для машин постоянного тока). В роли индуктора на маломощных двигателях постоянного тока очень часто используются постоянные магниты.

Основная часть

Приводами для насосов в водохозяйственном строительстве служат электродвигатели асинхронного типа. Это обуславливается:

- небольшой стоимостью и компактностью;
- легкостью подключения и возможностью автоматизации систем управления;
- малыми затратами при эксплуатации.

К асинхронным электродвигателям, применяемым для насосных станций, применяются различные требования, которым должно отвечать применяемое оборудование. Основные условия, которые должны быть выполнены при выборе электродвигателей:

- мощность электродвигателя должна быть выбрана с небольшим запасом;
- возможность запуска электродвигателя под нагрузкой;
- вращение в обратную сторону потоком воды при отключенном питании;
- возможность повысить количество пусков за некоторое время.

Эти требования к электродвигателям усложняют конструкцию обмоток статора и ротора. Именно от их нагрева зависит частота повторных пусков оборудования. Применение частотных регуляторов для управления системой электрических приводов насосных станций позволяет осуществлять плавные пуски и управлять потоком воды частотой вращения двигателя, а не механическими заслонками.

Такой путь приводит к 45% экономии электроэнергии и продлению безаварийной работы оборудования.



Рисунок 1 – Электродвигатели

Электрический двигатель (электродвигатель) – это электрическая машина, благодаря которой электрическая энергия преобразуется в механическую энергию, для того чтобы приводились в движение разнообразные механизмы. Электродвигатель является основным элементом электропривода.

При разработке оборудования насосных станций основными электроприводами используют машины синхронного и асинхронного типа. Чаще всего применяется асинхронный тип вследствие его простоты и надежности.



Рисунок 2 – Асинхронные электродвигатели

В зависимости от нужной мощности и условий эксплуатации на большинстве насосных станциях применяют асинхронные электродвигатели такие как: короткозамкнутые и с фазным ротором.

В таких насосных агрегатах магнитное поле вращается с постоянной частотой, которая связана с этим показателем для входного тока силовой сети (нормой является 50-60 Гц). При использовании частотного регулятора входной показатель можно поменять в разных пределах, плавно используя управление оборотами двигателя. Такая система является прогрессивной и экономической. Частота вращения ротора меньше чем у статора и отличается на величину скольжения, которая равна 0,012-0,06.

Асинхронные агрегаты с короткозамкнутым ротором намного дешевле электрических приводов других разных модификаций, но их применение возможно только для насосов малой мощности. Конструкция подразумевает прямой пуск без применения дополнительного оборудования, что очень сильно упрощает подключение и возможность автоматизации управления.

При пуске таких электродвигателей возникают большие токи. Так, при мощности 0,7-110 кВт и оборотах 700-3100 об/мин пусковой ток может в 6-7 раз превышать ток в номинальном режиме. Пусковые токи кратковременны и не очень опасны для обмоток агрегата, но падение напряжения в питающих кабелях приводит к резкому снижению напряжения в сети, что может привести к отключению других востребованных потребителей в аварийном порядке, если система не оснащена дополнительными элементами управления агрегатами. Такое падение напряжения в силовых сетях ограничивает применение электрооборудования такого типа до 110 кВт.



Рисунок 3 – Асинхронные электродвигатели

Обмотка ротора выведена на наружный пусковой реостат через тройное кольцо, а контакт обмотки и кольца осуществляется при помощи скользящих металлографитных щеток, расположенных в щеткодержателях. При механическом регулировании перед пуском такого агрегата на реостате добавляют сопротивление, которое уменьшает силу пускового тока. По мере разгона сопротивление постепенно уменьшается. При достижении двигателем

оборотов, близких к номинальным, сопротивление выводится, и электродвигатель начинает работу по схеме короткозамкнутого устройства.



Рисунок 4 – Асинхронные электродвигатели

При пуске и разгоне электродвигателя с применением частотного регулятора плавность обеспечивает смена частоты входного тока. Этот показатель контролируется процессором. Использование этого устройства разгружает сети от нагрузок и продлевает срок службы оборудования.

Асинхронные двигатели изготавливаются в вертикальной и горизонтальной модификации и применяются в зависимости от установки насосного оборудования. К корпусу насосов они крепятся болтами по фланцевым соединениям, а передача крутящего момента происходит через муфту. Охлаждение обмотки проводится вентилятором, закрепленным на валу ротора в кормовой части агрегата. Холодный воздух поступает как с кормовой, так и с носовой стороны.

Для определенных условий эксплуатации разработаны различные модификации техники:

- с большим пусковым моментом;
- с большими энергетическими данными, комплектуют насосы для круглосуточной работы;
- схемой легкого пуска и др.

Заключение

Взяв во внимание все вышестоящие факты, можно прийти к выводу что электродвигатель прост в изготовлении; имеет относительно низкую цену; надежен и неприхотлив при работе; энерго- и эксплуатационно малозатратен; имеет простой доступ к подключению, что позволяет эффективно использовать электродвигатели для работы насосных станций. Стоит указать, что при работе насоса нет необходимости регулировать скорость оборотов электродвигателя, которую сложно осуществлять при использовании наиболее широко применяемых электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

Так же стоит обратить внимание и на недостатки. К асинхронным электродвигателям, применяемым для насосных станций, предъявляются специфические требования, которым должно отвечать применяемое оборудование, мощность, соответствующая решаемой задаче, с небольшим запасом, возможность запуска двигателя под нагрузкой, вращение в обратную сторону потоком воды при отключенном питании. Возможность увеличить количество пусков за определенное время.

Литература

1. Атабеков, В. Б. Ремонт трансформаторов, электрических машин и аппаратов: [Учеб. для сред. ПТУ] / В. Б. Атабеков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1988. - 415 с. : ил.
2. Брускин, Д. Э. Электрические машины: [Учебник для электротехн. спец. вузов: В 2 ч.] / Д.Э. Брускин, А.Е. Зорозович, В.С. Хвостов. – М.: Высш. шк., 1979.
3. Инструкция по приему качества производственно-технической продукции и товаров народного потребления № П-7 от 25 апреля 2014г.
4. Брусалов, Ю. Е. Основные виды промышленного оборудования, электрооборудования и приборов: [Учеб. для техникумов] / Ю. Е. Брусалов, М. Д. Ветлугин, Э. И. Иванцова, Ю. А. Новак; Под ред. Ю. А. Новака. - Москва: Высш. шк, 1988. - 272 с.: ил.

УДК 621.337.2

УСТРОЙСТВО РАБОТЫ КОНТРОЛЛЕРА ХОДА
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА
THE DEVICE OF THE CONTROLLER OF THE COURSE
OF ELECTRIC TRANSPORT

И.Е. Трипутин, В.А. Теплый

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Triputin, V. Teply

Supervisor – G. Mikhaltcevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: сравнение контроллеров хода электрического транспорта.

Abstract: comparison of electric transport controllers.

Ключевые слова: контроллер хода, датчик Холла, выходной сигнал.

Keywords: stroke controller, hall sensor, output signal.

Введение

Контроллеры управления ходом транспорта с электрическим электроприводом выполняют функцию по возможности максимально плавного регулирования тока в цепи обмоток электродвигателя, а в некоторых случаях еще и для преобразования постоянного тока в трехфазный переменный, в случае применения асинхронного двигателя.

Контроллеры хода – необходимый компонент любого электротранспорта, начиная от троллейбусов и трамваев, заканчивая электровелосипедами и электросамокатами. Пускай они, и выполняют одинаковую работу, но принцип устройства контроллеров - отличается.

Основная часть

Контроллеры управлением хода троллейбуса

Контроллеры хода троллейбуса имеют схожую конструкцию, устанавливаются под полом троллейбуса и соединены с педалями хода и торможения с помощью тяг.

На троллейбусе отечественного производства модели АКСМ 32102 использованы котроллеры аналогового типа. В его состав входит концевой выключатель, фиксирующий нулевое, или отпущенное состояние педали и датчик углового перемещения на основе элемента Холла, выходное напряжение которого является линейной функцией от угла поворота.

$$U_{\text{вых}} = f(\varphi), \quad (1)$$

где φ – угол поворота вала, соединенного с педалью.

Диоды, резисторы, стабилитроны, и другие радиоэлементы служат для защиты концевой выключателя и датчика углового перемещения от перенапряжений, обратной полярности и других аварийных режимов.



Рисунок 1 – Датчик Холла

На отечественных троллейбусах моделей АКСМ 321 и 333 стоят контроллеры хода оптического типа. Контроллер состоит из датчика, внутри которого – диск с отверстиями, пяти оптических пар и схемы усилителя сигналов. При нажатии на педаль (хода или тормоза) через тяги передается крутящий момент и происходит вращение диска датчика контроллера. При его вращении засвечиваются определенные оптические пары. В зависимости от нажатия на педаль на выходе контроллера появляется комбинация сигналов.

Контроллеры управления хода электровелосипеда

Контроллер для управления двигателя постоянного тока – это необходимое звено в системе электрокомпонентов электровелосипеда. Без контроллера электродвигатель не сможет даже запуститься, не говоря о его полноценной работе. Аккумулятор имеет 2 полюса – отрицательный и положительный, а мотор-колесо (двигатель) – 3 фазы. Поэтому подключить аккумулятор и двигатель напрямую просто не возможно. Для этого используется контроллер управления.

В этом случае, только контроллер способен сформировать в обмотке статора мотор-колеса, вращающееся магнитное поле.

К тому же, контроллер управляет электродвигателем:

- Позволяет менять скорость движения – при смене положения ручки газа меняется число импульсов напряжения, подаваемых за секунду на обмотки, и вращение колеса ускоряется или замедляется;
- Обеспечивает рекуперацию энергии, т.е. возвращение энергии в аккумулятор (колесо работает в роли генератора), при торможении двигателем.

Контроллер выступает в роли понижающего преобразователя, поэтому проходящий по обмоткам мотора фазный ток может быть гораздо выше батарейного тока, поступающего от аккумулятора к контроллеру. Именно от него зависит мощность, поступающая на двигатель. Например, при использовании мотор-колеса, номинальной мощностью 1000 Вт можно

кратковременно получать значения до 2000–2500 Вт. Происходит скачок напряжения и как следствие, возрастает мощность при неизменной силе тока.

Поэтому нужно использовать подходящий контроллер и постоянно контролировать температуру, чтобы не допустить перегрева двигателя.

Контроллер для электровелосипеда имеет алюминиевый корпус, устанавливается на раму велосипеда. Из него выходят провода с разъемами для подключения разных устройств.

Внутри находятся:

- силовые компоненты – шунты для измерения тока, конденсаторы, транзисторы;
- понижающие преобразователи на 12 В и 5 В – обеспечивающие питание микроконтроллера;
- микроконтроллер.

Разновидности контроллеров управления

Таблица 1 – Контроллеры управления

Критерий	Виды	Особенности
По принципу взаимодействия с электродвигателем	Для использования с датчиком Холла	Совместимы с мотор-колесами, оснащенными датчиками Холла
	Для работы без датчиков	Совместимы с двигателями без датчиков
	Универсальные	Могут работать и с датчиками положения, и без них
По виду выходного сигнала	Создающие сигналы прямоугольного вида (меандр) (рисунок 2)	Цена таких моделей – ниже
	Создающие чистые синусоидальные сигналы. (рисунок 3)	При одинаковой выходной мощности, они дороже
	Создающие сигналы в виде «модифицированной синусоиды» или сглаженного меандра (рисунок 4)	Менее популярны и не всегда применимы

Анализируя формулу силы тока для переменного тока:

$$U = U_{max} * \sin(\omega t + \varphi) \tag{1}$$

Видим, что U_{max} – амплитуда напряжения имеет плавное нарастание на графике и короткий пик – это обеспечивает большую плавность, однако, мы жертвуем максимальной скоростью, т.к. время действия максимального тока минимально.

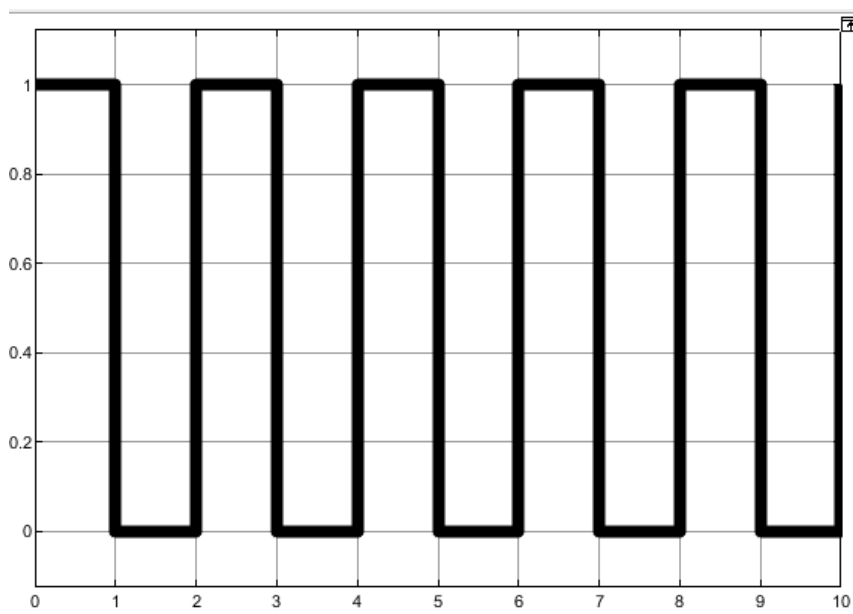


Рисунок 2 – Прямоугольный сигнал

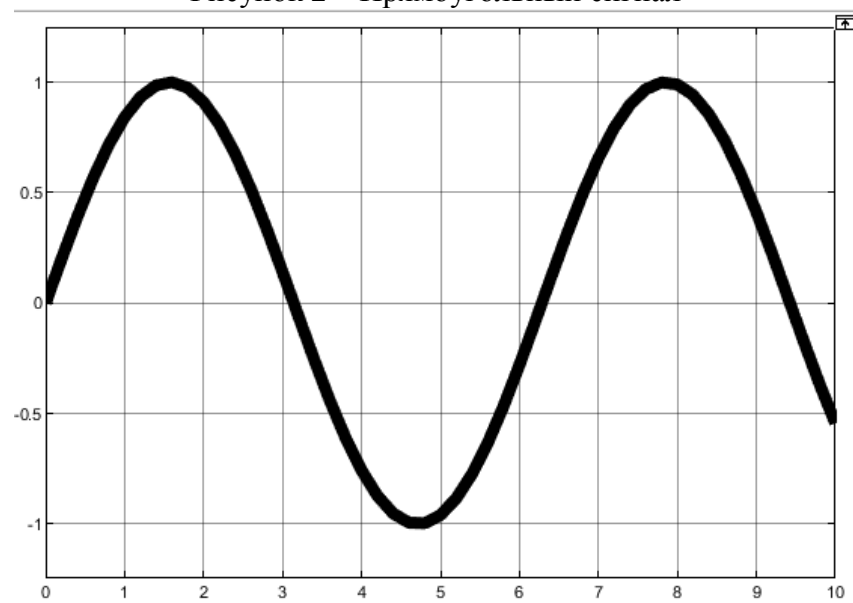


Рисунок 3 – Синусоида на осциллографе

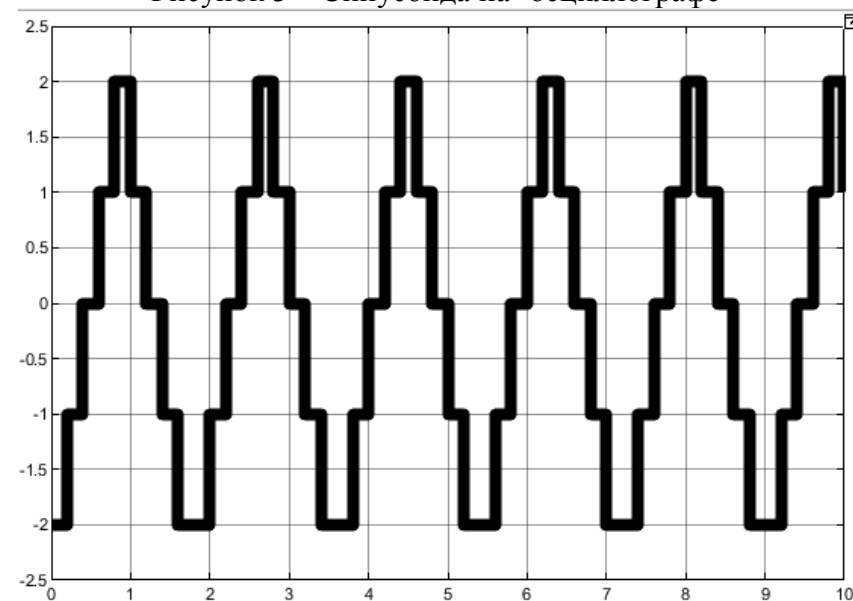


Рисунок 4 – Модифицированный синус

Аналогично анализируя формулу (1), приходим к выводу, что прямоугольный сигнал обеспечивает большую максимальную скорость – ведь период действия максимального напряжения, как показано на рисунке 2, больше, чем у аналогичного синусоидального графика (рисунок 3). Однако, особенность прямоугольника такова, что максимальное напряжение нарастает не плавно, а скачком – импульсно, что неблагоприятно сказывается на плавности работы двигателя при движении. Также, помимо худшей плавности работы двигателя, «прямоугольные» контроллеры вызывают перегрев двигателя, а как следствие – понижение КПД, или, что хуже – выход из строя электродвигателя.

Для снижения негативного воздействия прямоугольного сигнала и для уменьшения стоимости контроллера, в некоторых моделях используют в качестве выходного сигнала – модифицированный синус, представляющий собой комбинацию прямоугольного и синусоидального токов (рисунок 4).

Заключение

Контроллер хода электрического транспорта – необходимый компонент в транспорте с электроприводом, обеспечивающий правильность работы электродвигателя, а как следствие – его динамические характеристики и плавность хода. Неправильный подбор контроллера к двигателю укорачивает срок службы работы электродвигателя, поэтому верный выбор данного компонента при проектировке электрического транспорта позволяет обеспечить необходимые динамические характеристики, комфорт пассажиров, а также срок службы электродвигателя.

Литература

1. Руководство по эксплуатации АКСМ321-000000.000 РЭ // Минское государственное производственное унитарное предприятие "БЕЛКОММУНМАШ" – Троллейбусы пассажирские низкопольные. Книга 1
2. Руководство по эксплуатации АКСМ321-000000.000 РЭ. Альбом иллюстраций // Минское государственное производственное унитарное предприятие "БЕЛКОММУНМАШ" – Троллейбусы пассажирские низкопольные. Книга 2
3. Контроллер для электровелосипеда и электроскутера [Электронный ресурс] / Контроллер для электровелосипеда и электроскутера. – Режим доступа: <https://www.voltbikes.ru/blog/ob-jelektroskuterah/kontroller-dlja-jelektrovelosipeda-i-jelektroskutera/> – Дата доступа: 22.10.2022.

УДК 674.048

**СПОСОБЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ
METHODS OF QUALITY CONTROL OF PAINT AND VARNISH COATING**

Т.А. Глушков, А.Д. Шевченко

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

T. Glushkov, A. Shevchenko

Scientific supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: толщиномеры, виды, устройство, их применение и принцип работы.

Abstract: thickness gauge, types, device, their application and principle of operation.

Ключевые слова: ультразвуковой, магнитный, вихретоковый.

Keywords: ultrasonic, magnetic, magnetic injectors.

Введение

В автомобилестроении толщиномеры применяют, когда необходимо определить толщину слоев покрытия.

Современные виды этих приборов позволяют проводить измерения неразрушающим способом или, проще говоря, не нарушая целостности покрытия исследуемого элемента, детали или защитного слоя.

Инструмент прост в использовании, что является несомненным преимуществом. Вам не нужно быть экспертом или иметь техническую подготовку, чтобы научиться его применять.

Основная часть**Назначение и принцип работы**

Толщиномеры предназначены для точного измерения толщины магнитных и немагнитных материалов, а также отдельных слоев неметаллических покрытий поверх металлов.

Говоря о домашнем использовании, этот инструмент активно используется для измерения покрытия кузова автомобиля, поэтому он может точно определить, где был произведен ремонт.

В этом случае толщина краски не соответствует заводской, либо шпаклевка нанесена большей толщины.

Это означает, что любой человек, имеющий подходящий диагностический прибор, может самостоятельно проверить рабочее состояние кузова автомобиля и узнать, где он ремонтировался. Это особенно важно при покупке подержанного автомобиля.

Устройство можно использовать для того, чтобы определить, поврежден ли автомобиль, и оценить степень повреждений, которые могли иметь место в прошлом. Это может повлиять на геометрию кузова и в конечном итоге снизить безопасность водителя и пассажиров в случае ДТП.

Профессионально контроль покрасочных работ с помощью толщиномеров осуществляют оценщики автосервисов, маляры, полировщики и кузовщики.

Диапазон его использования полностью зависит от принципа работы толщиномера.

Для определения толщины покрытия используется электромагнитная модель, измеряющая плотность магнитного поля. Они подходят для работы с черными металлами и используют эффект Холла и магнитную индукцию.

Ультразвуковой аппарат работает на ультразвуке. Чаще всего используется для анализа неметаллических покрытий без разрезания или повреждения. Эта операция основана на высокоточном измерении времени прохождения акустического импульса через испытываемую деталь.

Вихревые варианты – используют генерируемое магнитное поле, создающее вихревые токи при контакте с проводящей поверхностью. Используется для определения толщины непроводящих покрытий на высокопроводящих материалах, включая цветные металлы. Максимальная точность получается при измерении алюминиевых и медных покрытий.

Магнитные толщиномеры предназначены для измерения толщины порошков, красок, пластмасс и других твердых немагнитных покрытий с использованием свойств магнитов. В ходе измерения оценивается импульсная сила постоянного магнита на магнитное основание.

Для контроля толщины мокрой пленки, например, при нанесении на детали, используется специальный бесконтактный толщиномер.

Их работа основана на методе активного теплового сдвига, который позволяет проводить измерения на расстоянии до 50 см от поверхности покрытия.

Применяются для контроля толщины газотермических, порошковых, полимерных, органических и лакокрасочных покрытий.

Устройство и характеристики

Современный толщиномер представляет собой компактный электронный прибор, состоящий из встроенного или выносного измерительного блока и датчика.

Датчик позволяет проводить измерения в ограниченном пространстве или в неудобных местах.

Измерительный блок заключен в корпус, как классической прямоугольной формы, так и формы с плавными изгибами, повышающими эргономику.

Также портативные устройства со встроенными датчиками часто имеют форму пистолета.

Питание обеспечивается встроенными или сменными батареями.

На передней панели прибора находится дисплей, отображающий информацию о результатах измерений и настройках.

Управление обычно осуществляется с помощью кнопок под дисплеем.

В дополнение к портативным толщиномерам, существуют также стационарные настольные приборы, обычно используемые в лабораториях для контроля пленочных и листовых материалов.

Диапазон измерения

Диапазон измерения толщиномера напрямую зависит от его типа, исследуемого материала и может сильно варьироваться от модели к модели.

Единицей измерения этого параметра в данном случае является тысячная доля микрометра, или 1 микрон = 0,001 мм.

Для портативных цифровых моделей максимальная измеряемая толщина не превышает 3000 микрон. Этого достаточно, чтобы проверить окрашенную поверхность автомобиля.

С другой стороны, ультразвуковые инструменты имеют максимальный диапазон до 300000 мкм и минимальный диапазон от 0,1 до 1000 мкм.

Время измерения в одиночном режиме обычно составляет 3-5 секунд.

Точность, погрешность и калибровка

Погрешность измерения толщины покрытия является одним из основных параметров, на который необходимо обращать внимание будущего пользователя, при выборе толщиномера. Она зависит в основном от типа инструмента.

Для качественного ультразвукового оборудования это значение не превышает 1%. Для других типов до 3% в зависимости от диапазона измерения.

Толщиномер обычно калибруется перед использованием.

Информацию о том, как именно откалибровать тот или иной прибор, можно найти в инструкции, и процедура включает в себя два этапа:

Установка нулевого значения.

Корректировка точности параметров измерения.

Инструменты часто поставляются с прокладкой известной толщины, которая имитирует материал, способный измерить толщиномером.

Это могут быть как цветные, так и черные металлы, и даже есть варианты, имитирующие слои автомобильной краски.

Последние профессиональные модели приборов имеют функцию автоматической самокалибровки.

Тип толщиномера

Отвечая на вопрос, как выглядит толщиномер, следует сразу отметить, что для определения толщины покрытий материалов без их повреждения используются только электронные приборы.

В зависимости от назначения толщиномеры можно условно отнести к одному из следующих классов:

- Бытовой.

Для любительской диагностики, например, покраски при покупке автомобиля.

Он может иметь довольно высокую погрешность, что соответственно отражается на стоимости и доступен для широких масс.

- Профессиональный.

Это многофункциональное высокоточное измерительное устройство, которое можно использовать для профессиональной деятельности, например, для контроля одинаковой толщины краски при покраске автомобилей.

В зависимости от метода измерения толщиномер может быть:

- Контактный – датчик следует прикладывать к контрольной точке материала.

- Бесконтактный – во время работы допускается рабочий зазор между

датчиком и исследуемой поверхностью. Это исключает возможность предварительной подготовки материалов или использования контактных жидкостей.

По принципу работы толщиномер бывает:

- Электромагнитный

В конструкции имеется мягкий ферромагнитный стержень с катушкой для создания магнитного поля и такая же конструкция для измерения плотности этого магнитного поля.

- Ультразвуковой

Основанный на принципе ультразвукового измерения, толщиномер покрытия в основном использует ультразвуковой датчик для отправки импульсов для достижения объекта измерения и распространения между объектами измерения. Когда импульс от датчика достигает границы раздела материалов, он возвращается к датчику. Толщиномеры покрытия измеряют толщину слоев покрытия, прежде всего, путем точного измерения времени распространения ультразвуковых волн в материале. Ультразвуковые толщиномеры в основном используются для ультразвуковых проводников. Недостатком этого толщиномера является его высокая стоимость и низкая точность измерения. В отечественной промышленности для измерения толщины покрытия применяется редко.

- Магнитный

Принцип измерения этого высокоточного толщиномера пленки также в основном используется для измерения толщины пленки магнитных металлических подложек. Существует определенная зависимость между толщиной покрытия на поверхности магнитной металлической подложки и сопротивлением и магнитным потоком. Мы также используем это соотношение для расчета толщины покрытия на поверхности магнитных металлических подложек. Величина магнитного потока, который зонд проходит через немагнитное покрытие в магнитную металлическую подложку, используется для измерения толщины покрытия. Как правило, чем толще покрытие на поверхности подложки, тем больше магнитное сопротивление и меньше магнитный поток.

- Вихретоковый

Принцип измерения вихретоковых токов заключается в том, что высокочастотный сигнал переменного тока создает электромагнитное поле в катушке датчика. Вихревые токи возникают, когда датчик приближается к проводнику (обычно металлическому). Величина вихревых токов в некоторой степени зависит от расстояния между зондом и проводящей подложкой. Чем ближе датчик к проводящей подложке, тем больше вихревые токи и больше сопротивление отражению. Если датчик находится дальше от проводящей подложки, вихревые токи будут меньше, а отраженное сопротивление будет меньше. Таким образом, это значение напрямую указывает расстояние между зондом и проводящей подложкой, то есть толщину покрытия.

- Комбинированный

Такие толщиномеры также называют электромагнитными вихретоковыми, потому что они сочетают в себе вихретоковый и магнитный принципы считывания.

Может работать на черных и цветных металлических основаниях.

Вышеуказанные устройства часто являются ручными переносными инструментами, но имеют только стационарные варианты, используемые в составе автоматизированных производственных линий и как самостоятельное лабораторное оборудование.

К стационарным моделям относятся:

- Лазерные толщиномеры – для бесконтактного непрерывного измерения толщины полос плоских изделий, обычно из непрозрачных материалов.
- Радиоизотопы – для бесконтактного измерения средней толщины или поверхностной плотности материалов.
- Рентгенофлуоресцентный – для неразрушающего анализа толщины покрытия материала и его химического состава.

Выводы

Толщиномеры используются в различных областях промышленности и быта для контроля качества покрытия поверхности различными материалами. Устройство можно использовать, например, чтобы определить, поврежден ли автомобиль, и оценить степень повреждений, которые могли иметь место в прошлом. Это может повлиять на геометрию кузова и в конечном итоге снизить безопасность водителя и пассажиров в случае ДТП.

Литература

1. Толщиномер. Назначение, виды и характеристики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://instrumentn.ru/izmeritelnye-pribory/tolshhinomer-naznachenie-vidy-i-harakteristiki> – Дата доступа: 13.10.2022
2. Что такое толщиномер покрытия? [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.linshangtech.com – Дата доступа: 13.10.2022
3. Научитесь оценивать подержанный автомобиль с помощью автомобильного измерителя краски [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.linshangtech.com – Дата доступа: 13.10.2022

УДК 621.311

**ЭВОЛЮЦИЯ ЦИФРОВЫХ КАМЕР В СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНАХ
И ФОТОАППАРАТАХ
THE EVOLUTION OF DIGITAL CAMERAS IN CELL PHONES
AND CAMERAS**

Д.Я. Мисюля, К.С. Кадлубай

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель
Белорусский национально-технический университет, г. Минск

D. Misiulia, K. Kadlubay

Scientific supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: цифровая камера, переход от первого настоящего цифрового фотоаппарата до современного смартфона.

Abstract: digital camera, the transition from the first true digital camera to the modern smartphone.

Ключевые слова: цифровая камера, объектив, пиксели, оптический зум.

Keywords: digital camera, lens, pixels, optical zoom.

Введение

Современные телефоны, а именно смартфоны, с их современными камерами ушли далеко вперед от старых способов фотографирования, но все же разработка цифровых камер должна была с чего-то начинаться.

В 20-м веке в камерах в основном использовали пленку, которая никак себя не проявляла в пространстве окружающей среды. Цифровые камеры появились во второй половине 20-го века. Они могут быть расположены в сотовых телефонах, а их можно применять как навигаторы для спутников, для нахождения владельца такого телефона. Сочетание телефона и фотоаппарата в одном корпусе стало очень привлекать разработчиков сотовых телефонов и их владельцев. С этого времени множество компаний по всему миру начали так называемую «гонку качественных характеристик» по созданию лучшего карманного устройства, обладающего этими возможностями.

Основная часть

Цифровая камера – это камера, создающая цифровые изображения, которые можно хранить на компьютере, отображать на экране и распечатывать.

В сравнении с аналоговой камерой, подвергающей пленочные химические вещества воздействию света, цифровой камерой используются цифровые оптические компоненты, которые регистрируют на интенсивность и цвет света и преобразуют ее в пиксельную информацию.

Устройство

Цифровые камеры имеют общую оптическую систему, которая использует объектив, имеющий переменную диафрагму, чтобы фокусировать свет в камере. В отличие от пленочных фотоаппаратов, цифровые фотоаппараты могут мгновенно отображать картинки на экране и сохранять изображения в памяти, а также удалять их. Два основных типа цифровых датчиков изображения – CCD и

CMOS. Многие камеры цифрового типа могут также записывать подвижные видеоролики со звуковым сигналом. В некоторых цифровых камерах можно сшивать и кадрировать изображения и выполнять иные элементарные операции.

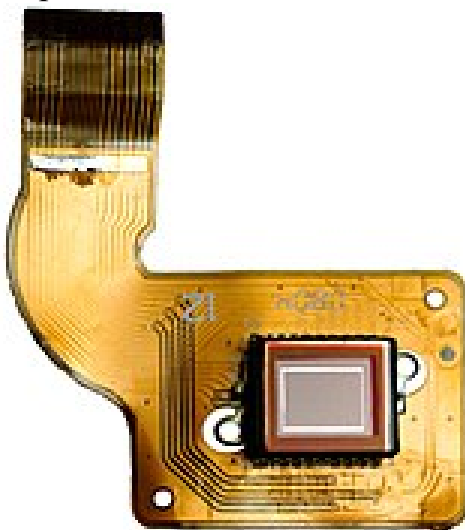


Рисунок 6 – Датчик изображения CCD.

Первая цифровая камера

Создание цифровых камер началось с 1961 года Юджином Ф. Лали, работающим в лаборатории реактивных движений NASA. Когда он работал над искусственной гравитацией, он подумал, как астрономы могут определять свои позиции в космосе с помощью мозаичного фотодатчика, который позволяет фотографировать планеты и звезды. Тогда первая оригинальная цифровая камера была изобретена инженером компании Eastman Kodak – Стивеном Сассоном в 1975 г. Это был прототип с объективом кинокамеры, несколькими деталями Motorola, 16-ю батареями и несколькими электронными датчиками Fairchild CCD, которые были изобретены недавно.

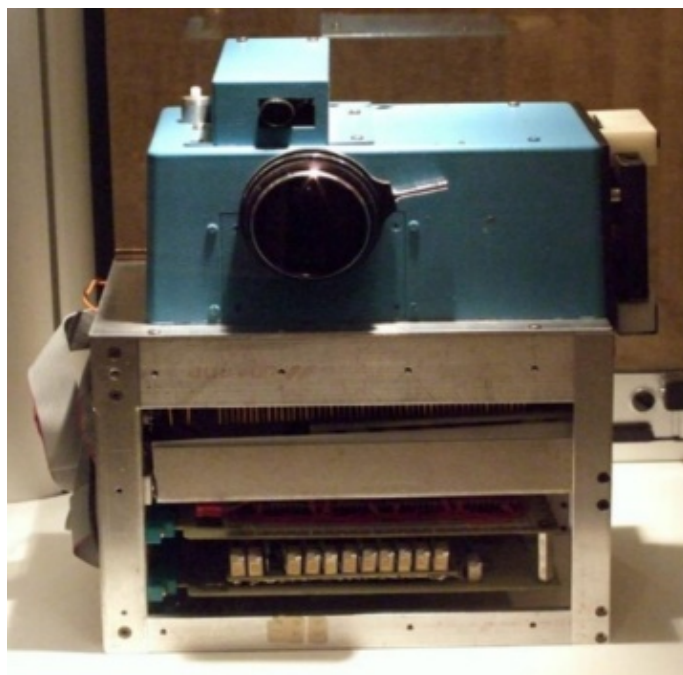


Рисунок 7 – Первый прототип цифровой камеры Сассона

Данная камера, которая была привезена в 2007 году в Европу, имела размеры принтера и весила почти 4 килограмма. Она записывала черно-белые изображения на цифровую кассету, и Сассону и его коллегам также пришлось создать специальный экран, чтобы просто увидеть их.

Прорыв цифровой фотографии

В 1969 году изобретенное устройство с зарядными ячейками CCD стало прорывом, позволяющим цифровым фотографиям стать сенсационными. Датчик CCD является датчиком света, находящимся за камерой и фиксирующим изображение, фактически заменяющим пленку камеры. Первые камеры, где использовались CCD-датчики, являлись специализированными отраслевыми устройствами, изготовленными фирмой Fairchild в 1970-е годы.

К 1980-м годам в портативных камерах стали отказываться от фотопленки. В 1981 году фирма Sony представила прототип модели Mavica (Magnetic Video Camera). Впрочем, это не было строго цифровой камерой. Технически Мавика была телекамерой, которая делала неподвижные фотографии.

Работая на батарейках типа АА, Mavica сохраняла картинки на двухдюймовом гибком диске, называемом Mavicas, вмещающим до 50 цветных фотографий для воспроизведения их на мониторе. Размеры CCD составляли 570x490 пикселей на кристалле 10x12 мм. Сенсор обладал светочувствительностью ISO 200 и выдержку фиксации на уровне 1/60 с.

Canon выпустила в 1986 году первый аналоговый электронный камерный аппарат, который фактически поступил в продажу как RC-701. Эта профессиональная модель в 1988 г. последовала за потребительской моделью RC-250 Harshot. Однако подобные камеры не стали популярны.

Приход настоящего цифрового

Первая реально работающая цифровая камера была создана в 1981 г. Научно-исследовательская группа ASI университета Калгари Канады создала камеру Fairchild All Sky для наблюдения за полярными сияниями на небе.

Камера AllSky использовала больше CCD-матриц Fairchild 100x100, которые были использованы в 1973 году. Что сделало AllSky Camera настоящей цифровой, ведь она записывает цифровую информацию, не аналоговую. Впрочем, октябрь 1981 года начался цифровой бум с выходом первого компакт-диска Sony CDP-100.

Цифровые разработки

В 1988 году были разработаны стандарты JPEG, MPEG и JPEG файлов для цифрового изображения и аудио файлов. Первая программа обработки изображения была создана для Macintosh в 1988 г., а в 1990 г. появилась Adobe Photoshop 1.0.

Mosaic – первый браузер, позволяющий людям смотреть фотографии в Интернете, вышел в 1992 году в Национальном центре приложений суперкомпьютеров. Кодак DCS 200 дебютировал в том же году с встроенным жестким диском. Диск создан на основе N8008S и имеет пять сочетаний черно-белых или цветных изображений с жесткими дисками и без них. Разрешение составило 1,54 млн пикселей и примерно в 4 раза превышало разрешение фотоаппаратов.

Современный облик

Знакомые формы современных камер компактного типа появились в 1995 году, когда Casio QV-10 добавил сзади ЖК-экраны. Размер дисплея составляет 46 мм, 1,8 дюймов от угла к углу.

Кроме того, у QV-10 были поворотные объективы. Фотографии снимались на 1,5 дюймовой CCD-матрице разрешением 460×280 и хранились в полупроводниковой памяти. Хранить можно было до 96 цветных изображений.

Другие уже знакомые функции включали макросъемку, автоматическую экспозицию и автоспуск.

В 1995 году Logitech представила свою первую веб-камеру VideoMan для персональных компьютеров.

Цифровой век



Рисунок 8 – Камера Kodak размером с кассету.

К середине 90-х годов была установлена привычная цифровая камера, просуществовавшая ближайшее десятилетие или даже более. В 1995 году Ricoh RDC-1 стала первой цифровой камерой, которая также снимала видео со звуком.

У него был экран 64 мм, диафрагма f 2, 8 и 3-кратный оптический зумом. Они остались основными характеристиками компактов на многие годы.

Знакомый сейчас компактный формат продолжил появляться в компактном Canon PowerShot 600 в 1996 г. У него была 1/3-дюймовая CCD-матрица с разрешением 832х608 пикселей, встроенная вспышка, автоматическая балансировка белого, оптический видоискатель и ЖК дисплей.

Это был первый потребительский продукт, который мог записывать картинку на жесткие диски и сохранять до 176 Мб.

Хотя иногда компакты выпускались в необычных и чудесных формах, таких как Pentax ei-c90, разделенный на две части, основная форма осталась. К 2010 году компактный объектив был примерно таким же размером, как и кассеты с лентами, которые требовались прототипу Стивена Сассона 70-х только чтобы сохранить одно зернистое изображение.

Профессиональная зеркальная камера также стала цифровой. Цифровые зеркальные камеры могли меняться объективами с пленочным предшественником, используя преимущества большой памяти и удобного экрана сзади. Традиционные DSLR-дизайны, обремененные механическими сложностями пленочной эпохи, сейчас постепенно переходят на беззеркальные

камеры Sony, Canon и Nikon, а также меньший альянс Micro Four-Thirds от Olympus и Panasonic.

Телефон с камерой

Большая цифровая революция, конечно, состояла из телефона с камерой. "Первыми телефонами, с камерой, были KYOCERA Visual Phone VP-210 и Schh-V200 от Samsung в 2000 году. Через несколько месяцев Sharp Electronics J SH04 J Phone стала первой телефонной системой, которую необязательно было подключать к компьютеру. Он мог просто посылать фотографии, и это сделало его крайне популярным для японцев и корейцев. К 2003 г. продажи телефонов и камерой обогнали цифровую фотоаппаратуру.

Эра смартфонов началась, когда в 2007 году Apple выпустила iPhone. Камеры в телефонах быстро улучшались, но ряд причин превратил каждого в фотографа: телефонная память стала больше объемом, поэтому можно было делать больше фотографий; CCD заменили на CMOS-чипы, которые меньше потребляют энергии, 3G,4G,5G позволяют быстро обмениваться фотографиями, а сайты фотографий, например, Flickr вскоре заменили социальные сети, такие как Instagram и Facebook, где вы можете делиться своими фотографиями.

В 2012 г. Nokia выпустила смартфон Nokia 8008 PureView с камерой на 41мп. На iPhone снимались художественные фильмы, и легкие дроны подняли цифровые фотографии на небо. Современные мобильные телефоны, имеющие лучшие камеры, обычно оснащены двумя, 3-мя или 4-мя модулями, чтобы получить более качественные изображения. Компьютерные мощности смартфонов позволили также реализовать технологии вычислительной фотографии, обработки которых не хватает потенциальной возможности объектива и датчика.

И последнее модное слово – «пиксельный биннинг», который применяется в Samsung Galaxy S21 Ultra 5G с огромными 108 мегапиксельными камерами.

Заключение

Цифровые камеры занимают существенное место в жизни современных людей. Из-за удобства и качества съемки они вытесняют с рынка обычные старые фотоаппараты. Камеры позволяют просматривать и сортировать изображения, создавать слайд-шоу, цифровой фотоальбом, создавать презентации на компьютере, обычном телевизоре или мультимедийном проекторе, передавать изображения по Интернету. В эпоху постоянной нехватки времени эти преимущества становятся наиболее важными.

Литература

1. Эволюция камеры [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://onextrapixel.com/evolution-of-the-camera/> – Дата доступа: 14.10.2022
2. Цифровые камеры [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.cnet.com/tech/computing/history-of-digital-cameras-from-70s-prototypes-to-iphone-and-galaxys-everyday-wonders/> – Дата доступа: 14.10.2022
3. Эволюция телефона с камерами [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.automate.org/blogs/the-evolution-of-camera-phones/> – Дата доступа: 14.10.2022

УДК 621.311

**ИОНИЗАТОРЫ. УСТРОЙСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ
IONIZER. DEVICE AND APPLICATION**

А.С. Касюль, Р.Р. Громада

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

Белорусский национально технический университет, г. Минск

Kasiul, R. Hramada

Scientific supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье описаны разновидности ионизаторов, их применение и принцип работы.

Abstract: ionizers, types of ionizers, device, their application and principle of operation.

Ключевые слова: The article describes the varieties of ionizers, their application and principle of operation.

Keywords: Ionizers, the device and the use of ionizers for society.

Введение

Ионизация атмосферы была открыта Юрием Эльстером и Гансом Гейтелем в 1899 году. Еще в 1930-х годах на некоторых предприятиях были установлены первые промышленные устройства, способные насыщать газы и жидкости с отрицательными атомными группами. А в 1967 году был разработан ионизатор воздуха, который сегодня можно купить и установить в любом помещении.

Для начала выясним, что такое ионизатор и, следовательно, ионизация.

Ионизатор – это устройство, используемое для ионизации газа или жидкости. Ионизаторы используются в системах вентиляции для очистки воздуха и подавления активности бактерий.

Ионизация – это эндотермический процесс образования ионов из нейтральных атомов или молекул, иначе говоря, процесс расщепления нейтральных молекул на ионы и электроны.

Основная часть

Устройство и виды ионизаторов

На сегодняшний день все конструкции для ионизации воздуха, вне зависимости от модели, работают примерно одинаково. Они генерируют свободные электроны, которые отправляются в окружающее пространство, где соединяются с молекулами кислорода.

Так что результатом этого взаимодействия является появление отрицательных ионов.

Ионизатор в большинстве случаев состоит из следующих элементов:

- Выпрямители и фильтры. Эти элементы используются для преобразования переменного тока, подаваемого от сети, в постоянный.
- Система управления, которая регулирует и поддерживает требуемое напряжение, а также силу тока. Она может быть ионной или диодной.
- Излучающее устройство. Практически во всех случаях этот элемент

выполнен в виде тонких металлических игл. Они образуют импульс тока, который приводит к выбросу свободных электронов. Подобные иглы можно увидеть внутри ионизирующего устройства, они напоминают расческу.

Помимо перечисленных элементов, устройство может быть оснащено светодиодами и ультрафиолетовыми лампами. Кроме того, вентиляторы и другие элементы подачи воздуха могут использоваться в современном оборудовании для создания эффекта ионного ветра. Они выдувают ионы с отрицательным зарядом, что способствует их равномерному распределению в пространстве.

В таких устройствах с дополнительной очисткой используются фильтры, которые задерживают различные виды вредных примесей. Например, пыль, смог, пыльца и т.д. Такие устройства с фильтрами чаще всего называют очистителями воздуха, выполняющими функцию ионизации. Потому что их основная задача – очищать воздушные массы от вредных взвесей.

Ионизаторы воды работают немного по-другому. В основном они состоят из многоступенчатых фильтров и дезинфицирующего средства в виде ультрафиолетовой лампы (УФ-лампы). В этом случае можно очистить воду от химических элементов, тяжелых металлов и других вредных частиц. Благодаря этому такую воду можно пить без опасений. Эти устройства также имеют специальные пластины, например титано-платиновые. Через пластину протекает электрический ток, что приводит к ионизации.

Происходит окислительно-восстановительная реакция. Вода делится на щелочную и кислую воду, т.е. воду с отрицательным и положительным зарядом. Это способствует созданию «мертвой» и «живой» воды, то есть вещества, полезного для организма, а также вещества, убивающего бактерии.

Типы ионизаторов

В зависимости от способа действия различают следующие типы ионизаторов:

- Гидроионизатор – это устройство, которое производит озон, который в результате сталкивается с водой, образуя аэроион (молекулу кислорода с отрицательным зарядом) и гидропероксид.
- Коронный ионизатор – это устройство, которое генерирует большие разряды тока, которые вызывают выброс свободных электронов в окружающую среду. В результате они генерируют отрицательные аэроионы, соединяясь с молекулами кислорода.
- Термоионизатор – устройство нагревает провод и распределяет свободные электроны. Они также образуют аэроионные соединения с кислородом.
- Плазменный ионизатор – такое устройство питается благодаря горению спирта в емкости, подключенной к источнику напряжения. Благодаря горению устройство производит кислород, в то время как источник напряжения высвобождает электроны, которые связываются с молекулами O_2 , придавая им отрицательный заряд.
- Устройство с ультрафиолетовым и радиоактивным излучением –

ионизирующее устройство испускает поток частиц, которые связываются с молекулой кислорода для переноса электронов и превращения их в аэроионы;

- Люстра Чижевского (электроэффлювиальный ионизатор) – это устройство позволяет создавать высокое напряжение между ионизирующими электродами (положительное (H⁺) и отрицательное (O₂)). Это устройство выделяет водяной пар, который делится на положительные (H⁺) и отрицательные (O₂) ионы. Аэроионы высвобождаются при смешивании с кислородом, заполняя пространство отрицательно заряженными ионами. Устройство генерирует ионы со скоростью 1 мкА (несколько миллиардов заряженных частиц в секунду).

В зависимости от образующихся аэроионов ионизаторы делятся на:

- Униполярные ионизаторы – которые выделяют только отрицательные аэроионы;
- Биполярные ионизаторы образуют аэроионы с положительным и отрицательным зарядами.

В результате исследований установлено, что в норме воздух должен содержать отрицательные и положительные ионы. Однако современные помещения обычно отличаются недостатком отрицательных ионов и избытком положительных ионов. Такое положение может быть объяснено большим количеством электрических приборов (компьютеры, телевизора и мобильные телефоны), насыщающих воздух положительными зарядами.

Биполярные и униполярные устройства имеют разное применение. В квартирах с активными электроприборами следует использовать однополюсные устройства, чтобы насыщать помещения отрицательными ионами воздуха, уравновешивая тем самым насыщение положительными. Ионизаторы с биполярным способом образования аэроионов лучше всего подходят для использования в спальнях, где нет электроприборов и воздуху необходимо наполняться как положительными, так и отрицательными ионами.

Применение

Как правило, лучше всего использовать электроэффлювиальный ионизатор для искусственного насыщения воздуха в квартире отрицательными аэроионами. Он не выделяет радиоактивных частиц (озона, гидропероксида) или других химических соединений.

Ионизатор очищает воздух по всей квартире. Дымка исчезает примерно через 7 минут, гибель микробов происходит в среднем через 2-3 часа.

Если площадь помещения меньше 20 квадратных метров, то подойдут и маломощные приборы, для помещений с большей площадью необходимо установить более мощные ионизаторы.

Для использования в жилых помещениях, квартирах и офисных зданиях использование других типов аэроионизаторов не рекомендуется из-за образования веществ, которые чрезвычайно вредны для здоровья человека. Поэтому плазменные, термические, радиоактивные, ультрафиолетовые и другие

ионизаторы используются только в промышленности (например, для отверждения смол и т.д.).

Что касается бытовой техники, то на рынке представлены фен (фен для волос), пылесосы, увлажнители и даже ноутбуки со встроенными ионизаторами, которые обещают антистатический эффект.

Устройства для ионизации коронного типа могут использоваться на предприятиях и в повседневной жизни, но при их использовании следует соблюдать осторожность из-за возможности образования большого количества озона.

Обработка полимеров коронным разрядом. После обработки коронарным разрядом электроны разрушают длинные цепи, что приводит к увеличению количества свободных связей. Эти связи собираются карбонильными группами с высокой поверхностной энергией в результате взаимодействия атомов озона, образующихся в результате электрического разряда. И активируется поверхность диэлектрика, который служит одним из электродов во время коронального разряда или во время термической ионизации. После этой обработки, а для некоторых полимеров только после нее поверхность можно покрывать (ламинировать, красить, грунтовать и т.д.)

Очистка воды в бассейне – система очистки состоит из блока управления и набора электродов из медно-серебряного сплава. Электроды расположены на небольшом расстоянии друг от друга.

По трубам вода проходит через проточную камеру, в которой расположены электроды. На электродах блока управления создается напряжение постоянного тока низкого напряжения. С помощью электричества атомы на электроде отдают свои электронные заряды, чтобы превратить их в положительные ионы. Частицы, уносимые потоком воды, попадают в водоемы и очищаются от загрязнений. Выбор степени ионизации позволяет регулировать количество ионов, попадающих в воду, и при изменении полярности напряжения происходит равномерный износ электродов.

Химически активные соединения меди и серебра при попадании в воду уничтожают находящиеся там микроорганизмы. Медь уничтожает водоросли, а серебро уничтожает вирусы и бактерии, что обеспечивает длительную нетоксичную очистку и предотвращает повторное заражение. Попадая в воду, ионы остаются там до тех пор, пока не осядут или не образуют нерастворимые соединения с бактериями и водорослями, которые затем оседают на фильтрах. Ионизатор, который постоянно впрыскивает ионы, компенсирует их потерю.

Процессы массообмена – ионизация ускоряет или, наоборот, замедляет процессы массообмена. Если контактные вещества заряжены по-разному, процесс ускоряется, в то время как при одинаковом заряде он замедляется. Этот эффект широко используется в электрофотографии, при очистке продуктов сгорания от частиц сажи, при интенсификации процесса копчения и т.д. Этот эффект широко используется в электрофотографии, при очистке продуктов сгорания от частиц сажи, при интенсификации процесса копчения и т.д.

Заключение

Учитывая влияние ионизатора на здоровье людей в целом, можно сказать, что это устройство должно стать привычной вещью для каждого дома. Этот прибор особенно полезен в детском доме, школе или дошкольном учреждении, так как доказано положительное влияние ионизаторов на организм человека.

Литература

1. Ионизация [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ионизация> – Дата доступа: 17.10.2022
2. Для чего нужен ионизатор воздуха [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://technosova.ru/klimaticheskaja-tehnika/ionizator/dlja-chego-nuzhen-kak-vybrat/> – Дата доступа: 18.10.2022
3. Виды и устройство ионизаторов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/ustrojstva/ionizator/> – Дата доступа: 18.10.2022
4. Назначение и принцип работы ионизатора [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sovet-ingenera.com/tech/klimat/ionizator-vozduxa-dlya-kvartiry-i-doma.html> – Дата доступа: 18.10.2022
5. Польза и разновидности ионизаторов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ventilsystem.ru/klimaticheskaya-tehnika/ionizator/kak-rabotaet-ionizator-vozduxa.html#prettyPhoto> – Дата доступа: 18.10.2022
6. Ионизатор [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ионизатор> – Дата доступа: 18.10.2022

УДК 629.11.012.8

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТРАНСМИССИЯ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ
ELECTRIC TRANSMISSION IN VEHICLES**

А.В. Ласовский, И.П. Шах

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

Белорусский национально технический университет, г. Минск

A. Lasouski, I. Shakh

Scientific supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: электрические трансмиссии транспортных средств, возможные конструктивные особенности, устройство, их применение и принцип работы.

Abstract: electric transmissions of vehicles, possible design features, device, their application and principle of operation.

Ключевые слова: электрическая трансмиссия, бесступенчатая автоматическая трансмиссия, мотор-колесо.

Keywords: electric transmission, stepless automatic transmission, wheel-motor.

Введение

Электрическая трансмиссия (ЭТ) представляет собой всережимный способ передачи мощности двигателя внутреннего сгорания на двигательную установку и широко используется в большегрузных транспортных средствах, просто преобразуя механическую энергию вращения в электрическую энергию и наоборот. Но и отсутствие фиксированной кинематической связи между первичным двигателем и движителем. Как правило, он всегда состоит из тягового генератора и одного или нескольких тяговых двигателей. Он выполняет функции трансмиссии и решает задачи, аналогичные задачам трансмиссии: движитель для формирования гиперболических тяговых характеристик, продольного движения, запуска, расцепки тягача и холостого хода тягача. Область применения (ОП): Городские автобусы, карьерные самосвалы, большие гусеничные тягачи (цистерны), магистральные и маневровые тепловозы, морские теплоходы (дизель-электроходы, турбоэлектроходы), атомоходы (в том числе АПЛ).

Основная часть

Механическая энергия вращения, вырабатываемая двигателем внутреннего сгорания, так называемым «первичным двигателем» ЭП, передается на якорь тягового генератора, где преобразуется в электрическую энергию. Затем электрическая энергия передается по кабелям к тяговому двигателю, где она преобразуется в механическую энергию вращения для окончательной передачи на движитель. В процессе производства и передачи электроэнергии электрическая энергия внутри ЭП может преобразовываться по силе тока и напряжению без изменения мощности. Это делает гиперболические тяговые характеристики самой транспортной машины почти внешними скоростными характеристиками первичного двигателя, если это необходимо.

ЭТ обеспечивает удобное изменение частоты и направления вращения на выходе, плавный пуск и распределение мощности на несколько ведущих колес/осей. Генераторная установка может быть размещена в любом месте транспортного средства независимо от положения тягового двигателя и не ограничивает перемещение электродвигателя относительно генератора (в пределах гибкости питающих электродвигатель кабелей). Простота и надежность механических частей.

При этом все детали ЭТ имеют большую массу, и на их производство расходуется большое количество цветных металлов.

В электрической трансмиссии механическая энергия двигателя преобразуется в электрическую энергию в генераторе и обратно в механическую энергию в тяговом двигателе.

Очевидно, что преобразование энергии из одного вида в другой сопровождается определенными потерями, но эти потери часто ниже, чем для механических передач, и, кроме того, использование электрических передач имеет много важных преимуществ.

В первую очередь это конечно провод. Конечно, гораздо проще подключить электропроводку для подачи энергии к электродвигателям, установленным на колесах автомобиля, чем подключать их от силовой установки к ведущим колесам через различные виды механической трансмиссии. Во-вторых, электродвигатели имеют почти идеальную характеристику изменения крутящего момента в зависимости от скорости вала (якоря). При увеличении скорости вращения крутящий момент на валу уменьшается, а при уменьшении скорости вращения крутящий момент увеличивается, но произведение частоты вращения вала на крутящий момент в каждый момент времени остается (в идеале) постоянным. Сопоставимо с мощностью двигателя.

ЭТ редко используется в таких упрощенных формах (ДВС, генераторы, электродвигатели). Элементы механической трансмиссии, такие как коробки передач, часто вводятся в трансмиссию для увеличения крутящего момента.

Планетарный редуктор применяют, когда тяговый двигатель устанавливается непосредственно на колеса вагона. Колесо, оснащенное электродвигателем и колесным редуктором, называют «электромоторным колесом».

Электромотор-колесо – наиболее сложный элемент таких трансмиссий. Обычно он состоит из тягового двигателя, планетарных редукторов, ступицы колеса с подшипниковым узлом, фрикционного тормоза и шины с ободом. В конструкцию электромотор-колес могут также входить отдельные узлы подвески, дополнительные механизмы переключения передач (с двухступенчатыми редукторами) и другие элементы. В ряде случаев в ЭТ используется только один тяговый двигатель, а вращательное движение на ведущие колеса передается механическими элементами (ведущими мостами с установленными карданными передачами и дифференциалами). Такие трансмиссии называются «электромеханическими».

Многokrатные преобразования энергии сопровождаются значительными потерями и снижением эффективности. Тепловая энергия топлива:

- Механическая энергия роторов двигателей внутреннего сгорания и генераторов.
- Электрическая энергия от генераторов.
- Механическая энергия роторов электродвигателей, механических частей трансмиссий (например, редукторов) и колес.

Однако ЭТ находит применение в транспорте (например, в современных грузовых автомобилях повышенной грузоподъемности). В частности, все самосвалы марки БелАЗ грузоподъемностью более 75 тонн оснащены электрической трансмиссией.

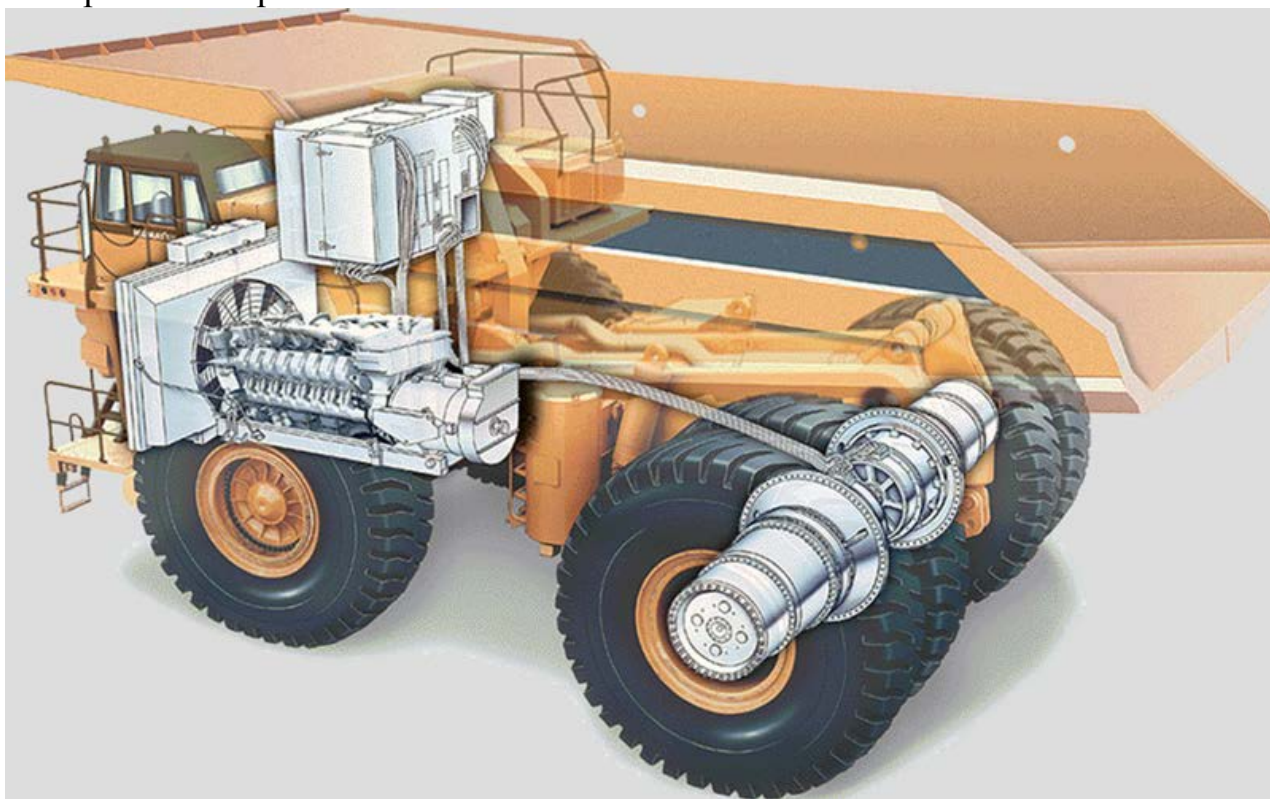


Рисунок 1 – Электрическая трансмиссия карьерного самосвала

БелАЗ-549 – сверхтяжелый карьерный самосвал производства Белорусского автомобильного завода (БелАЗ). Серийно выпускался с 1976 по 1988 год. Это был первый карьерный самосвал своей марки БелАЗ с электромеханической трансмиссией.

К концу 1960-х годов белорусские автозаводы освоили выпуск линейки карьерных самосвалов грузоподъемностью 27 тонн (БелАЗ-540А) и 40 тонн (БелАЗ-548). Между тем принятая производственная программа предусматривала создание и освоение более грузоподъемных и производительных машин с перспективной грузоподъемностью 65, 100 и 120 тонн. Первоначально самосвальный состав, состоящий из седельного тягача БелАЗ-548В и полуприцепа самосвала БелАЗ-5272, должен был выполнять функции 65-тонного автомобиля. Однако по результатам испытаний машина оказалась менее удачной, имея большие габариты и проблемы с маневрированием в карьерах и тесноте.

Поэтому было принято решение о разработке нового карьерного самосвала грузоподъемностью 65-75 тонн. Такие автомобили требовали более сложной

конструкции, особенно заключавшейся в наличии электромеханической трансмиссии, передававшей энергию двигателя на ведущие колеса. В колесный редуктор был встроен электродвигатель (мотор-колесо), а самосвал имел независимую подвеску всех колес. Тормозная система состояла из пневматического привода, включающего постоянно включенный стояночный тормоз и запасной тормоз.

Первый прототип БелАЗ-549 был построен в конце декабря 1968 года к его 50-летию образования Белорусской ССР. В течение нескольких следующих лет начались испытания и доводка будущих самосвалов. Параллельно завод строил и новый цех, способный выпускать новые типы самосвалов. Все это заставило его отложить начало производства 549-й модели до 1976 года. Наряду с базовой моделью было изготовлено множество модификаций, большинство из которых так и остались прототипами. Например, на автопоезде БелАЗ-549В-5275 грузоподъемностью 120 тонн для экспериментов использовался газотурбинный двигатель ТВ-2-117 мощностью 1200 л.с. Также была построена опытная модификация северной версии БелАЗ-549С.

БелАЗ-549 неоднократно участвовал в различных выставках, в том числе на ВДНХ в Москве и Минске. О нем часто писали в советской прессе. Его производство он продолжал до 1988 года, после чего его сменила более совершенная модель БелАЗ-7549 грузоподъемностью 80 тонн.

Самым главным преимуществом ЭТ является, конечно, то, что генератор и тяговый двигатель могут быть установлены в любом месте компоновки вагона. Также связи между ними осуществляются с помощью электрических проводов, которые можно прокладывать где угодно и как угодно. В машине ведь много места не занимает. Поэтому электрические трансмиссии можно использовать на тракторах с большим количеством колес. Часто такие военные тракторы имеют полный привод или большинство колес для оптимизации движения трактора по бездорожью.

А так как задний ход тоже обеспечивает сам электродвигатель, то по КПД он не уступает переднему.

МАЗ-7907 – опытное шасси Минского автозавода для его пусковой установки 15У157 его подвижной наземной ракеты 15П162 «Целина-2» его комплекса с МБР РТ-23 УТТХ (15Ж62). Единственный в мире со своими 24 ведущими колесами, 16 из которых управляемые и питаются от генератора, приводимого в движение танковой газовой турбиной. Главный конструктор шасси – автомобильный конструктор Борис Львович Шапошник, лауреат Государственной премии СССР, лауреат Ленинской премии.

К основным техническим характеристикам МАЗ-7907 относится установка в качестве силовой установки газотурбинного двигателя мощностью 1250 л.с. Когда. (специально разработанный и изготовленный вариант газотурбинного двигателя ГТД-1000ТФ - ГТД-1000ТФМ; по другим данным - ГТД-1250А) и достаточно сложной, но эффективной с 24 мотор-колесами диаметром 1,66 м с ЭТ.

Шасси МАЗ-7907 успешно сдано в эксплуатацию, но на вооружение не принято, а два опытных образца шасси МАЗ-7907 хранятся на полигоне МАЗ. Машина имеет длину 28,1 м, ширину 4,1 м и высоту 4,4 м.

Малый радиус поворота обеспечивался вращением колес всех пар, кроме 5-й, 6-й, 7-й и 8-й. Первые четыре его пары повернулись в одном направлении, а последние четыре пары повернулись в противоположном направлении.

В шасси используется рама хребтового типа с горизонтальными силовыми шарнирами, соединяющими два 6-осных полноприводных звена. В сочетании с независимыми гидропневматическими рычажными подвесками, которые пневматически соединяют каждые два колеса по бокам шасси, системой контроля положения рамы и большим ходом колес, это решение способно справляться со сложными профилями грунтовых дорог. Это позволяло шасси двигаться без зависания опорной точки. При этом в горизонтальной плоскости при прохождении поворотов эта рама оставалась жесткой.

Высокая маневренность шасси обеспечивается автоматической системой дифференциального подруливания колес. Четыре передние и четыре задние оси управляемые, но задние четыре оси вращаются в противоположных направлениях. Эти меры позволили достичь радиуса поворота 27 м при длине шасси 28 м.

Двигатель приводит в действие генератор переменного тока для выработки электроэнергии и состоит из 24 его синхронных электродвигателей переменного тока ТЭ660-24 с частотным регулированием, установленных внутри рамы, по одному на каждое колесо, питающих всю электрическую трансмиссию. Тяговый электродвигатель с воздушным масляным охлаждением был использован на шасси для незавершенной работы субподрядчика по созданию полностью синхронного электродвигателя с масляным охлаждением. Тяговый электродвигатель через ось вращал колеса с широкопрофильными шинами модели ВИ-207 (1660×670-685) производства Воронежского завода.

Электрическая трансмиссия также может использоваться в гусеничных тракторах, вездеходах и даже гусеничных машинах, таких как танки.

Panzerkampfwagen VIII «Maus» – сверхтяжелый танк, разработанный Третьим рейхом с 1942 по 1945 год под командованием Фердинанда Порше. Это самый большой по массе танк, из когда-либо воплощенных танков в металле (боевая масса – 188,9 т). Всего было изготовлено два экземпляра танка. Он не принимал участия в боевых действиях; на данный момент в бронетанковом музее Кубинки сохранился единственный в мире танк-мышь, собранный из частей обоих экземпляров.

Экипаж машины состоял из шести человек. Места механика-водителя и радиста располагались в отделении управления между двумя его основными топливными баками емкостью по 1590 литров каждый. За ними, в моторном отсеке, вдоль бортов разместили водяной и масляный радиаторы, а по центру – двигатель.

Первоначально в танке планировалось установить дизельный двигатель, который был намного экономичнее карбюраторного двигателя, поэтому дополнительный топливный бак не понадобился. Кроме того, дизельное топливо

было доступнее и дешевле бензина. Недостатком дизелей была их низкая морозостойкость. Это было очень важно в условиях Восточного фронта. Однако Шпеер поручил Порше использовать рядный авиационный карбюратор Daimler-Benz MB 509 со своим двигателем для танка, с генератором дальше от двигателя и боеприпасами, хранящимися в спонсонах по обе стороны. В корме корпуса спонсоны также имеют электродвигатели привода. Трансмиссия расположена за генератором, в глубине кузова между электродвигателями.

Над боевым отделением в корпусе находилась башня, в которой размещались командир танка, командир орудия и два заряжающих.

Танк выполнен на высоком техническом уровне. Использование многокатковой ходовой части и гусениц шириной 1100 мм позволило Maus иметь значительно меньшее давление на грунт, меньшее, чем у предыдущих немецких тяжелых танков. Его основными особенностями были использование прочной круговой брони и электромеханической трансмиссии, состоящей из его двух орудийных орудий и ее двух электроприводов для левой и правой гусениц. Тяговые двигатели приводились в движение двумя ее генераторами, расположенными в машинном отделении. Две независимые системы передавали крутящий момент от двигателя на ведущие катки через двухступенчатый редуктор.

Заключение

Из вышеизложенного материала можно сделать вывод, что электрическая трансмиссия является представителем бесступенчатой трансмиссии. Бесступенчатая трансмиссия – это трансмиссия автомобиля с бесступенчатым передаточным отношением. Крутящий момент и скорость, передаваемые от двигателя через трансмиссию, могут плавно изменяться в большинстве или во всем диапазоне мощностей. Индивидуально регулируйте величину крутящего момента на колесах вашего автомобиля в зависимости от условий движения. Если нагрузка увеличивается, скорость вращения уменьшается, а крутящий момент автоматически увеличивается.

Литература

1. Электрическая трансмиссия [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://dmsht.ru/printsipdeystviyaelektricheskoytransmissii/> -Дата доступа: 02.11.2022
2. БелАЗ-549 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%90%D0%97-549> - Дата доступа: 02.11.2022
3. Электрическая передача [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1209191> -Дата доступа: 02.11.2022
4. Panzerkampfwagen VIII «Maus» [Электронный ресурс] - Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%83%D1%81_\(%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BA\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%83%D1%81_(%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BA)) -Дата доступа: 02.11.2022

УДК 62-192

**СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ
WAYS TO IMPROVE THE QUALITATIVE CHARACTERISTICS
OF A CAR ENGINE**

И.В. Артименя, Е.Е. Каплич, Ю.О. Щур

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Artimenuya, E. Kaplich, Y. Shchur.

Supervizor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной работе рассмотрены различные способы улучшения качественных характеристик автомобиля.

Abstract: the article discusses various methods for improving the quality characteristics of a car.

Ключевые слова: методы улучшения качественных характеристик автомобиля, способы улучшения качественных характеристик, виды двигателей.

Keywords: methods for improving the quality characteristics of a car, ways to improve quality characteristics, types of engines.

Введение

С самого зарождения автомобильной индустрии все стремились повысить общие качественные характеристики автомобилей такие как: надёжность, мощность, комфорт, внешняя привлекательность. Сейчас же этот список дополнили ещё и экологичность, экономичность и безопасность.

Подходы к этим аспектам разные и больше зависят от предназначения данной машины. Так, в тракторах более важные параметры это надёжность, мощность и утилитарность по сравнению с дорогими автомобилями, где ценится больше комфорт безопасность и внешний вид.

Способы улучшения этих характеристик тоже различные, одни увеличивают бюджет в сфере новых технологии, некоторые делают уклон в усовершенствование старых. Улучшение качества материалов и сборки тоже как способ улучшения качественных характеристик. Технологии не стоят на месте. Раньше, всего десяток лет назад, сложно было вообразить, что машины смогут ездить без участия водителя, а сейчас есть автомобили Tesla у которой вполне рабочий автопилот, а большинство автомобилей оснащены адаптивным круиз-контролем.

Также сейчас осуществляется активное улучшение качественных характеристик двигателя внутреннего сгорания (ДВС) как одной из самой главной детали автомобиля (у электромобиля электродвигатель).

Перед тем, как улучшать общие характеристики надо понять, какой подход нужен, к конкретному типу ДВС.

Основная часть

На настоящий момент есть большое количество методов улучшения качественных характеристик автомобиля, но сразу нужно узнать основные типы ДВС:

- Бензиновый.
- Дизельный.

Бензиновый двигатель

Более распространённый тип двигателей, по сравнению с дизельным, так как он менее шумный, дешёвый и имеет меньшую массу, но имеет КПД, не превышающий 20-25%. Существуют два типа подачи топлива: с помощью инжектора и карбюратора.

В карбюраторном двигателе топливо смешивается в специальном топливо смесителе. Раньше такой тип был чуть ли не единственный и преобладал. Сейчас же, с развитием компьютерных технологий электронный впрыск топлива практически полностью вытеснил карбюраторы. Инжектор позволяет значительно упростить электронное управление двигателем, соответственно повышается экологичность, экономичность, а также мощность двигателей.

Стоит отметить существование роторного двигателя или двигателя Ванкеля. Идея роторного двигателя была предложена немецким инженером Феликсом Ванкелем, а уже в 1957 году была разработана конструкция этого двигателя инженером компании NSU Вальтером Фройде. Конструкция представляла собой камеру в виде особой 8-образной формы, и треугольного ротора который совершал специфические движения. Сама конструкция была простая и нуждалась в специальном механизме газораспределения, к тому же за полный оборот двигатель осуществляет 3 рабочих такта, что примерно эквивалентно шестицилиндровому традиционному поршневому двигателю. Серийно производился фирмой NSU в Германии для автомобиля RO80. Так же такой двигатель выпускал ВАЗ во времена СССР (ВАЗ-416, ВАЗ-426, ВАЗ-526). Автомобили ВАЗ-21018, ВАЗ-21019, оснащённые роторным односекционным и двухсекционным двигателями, были в основном для спецслужб и широкого применения не получили. Так же он ставился на Mazda в Японии (Mazda Rx-7, Rx-8) и просуществовал до 2012 года.

При своей относительной простоте роторный двигатель имел множество недостатков, делающих его массовое применение очень затруднительным. Одной из главных проблем – это ресурс, и система смазки. Масло приходилось смешивать с топливом, из-за чего выходила другая проблема – экологичность.

Дизельный двигатель

В дизельном ДВС воспламенение топливной смеси осуществляется несколько иначе. В заранее разогретый от (адиабатического) сжатия воздух идёт распыление определённого количества топлива из форсунки, в результате чего происходит возгорание и рабочий ход. Степень сжатия в таком случае не ограничена детонацией, так как подача топлива происходит после достижения верхней мёртвой точки, однако превышать степень сжатия больше 18-22 не имеет особого смысла, так как практически не даёт рост КПД, максимальное давление больше ограничивается для более длительного сгорания и уменьшения

угла опережения впрыска топлива. Но также малоразмерные вихрекамерные дизельные двигатели имеют степень сжатия 26 (с турбиной меньше) для более мягкой работы и равномерно воспламенения. Однако из-за этой самой вихрекамеры или форкамеры увеличивается расход и уменьшается мощность вследствие перетекания воздушного заряда.

Системы подачи топлива CommonRail и традиционной, с помощью топливного насоса высокого давления (ТНВД). Конструкция ТНВД полностью механическая и внешне похожа на уменьшенную модель двигателя. Распредвал задевал толкатели в определённом порядке, и топливо поступало на форсунки, а дальше подается в камеру сгорания. Большим преимуществом было то, что с такой системой двигатель мог работать полностью без электричества.

CommonRail же осуществляет подачу топлива с помощью электроники с датчиками, как правило. CommonRail работает намного эффективнее, что позволяет увеличить мощность, экономичность и экологичность. Однако работая в поле, такую систему починить сложнее. Поэтому в большинстве строительной и сельскохозяйственной технике, в своих двигателях, используют неэлектронные системы ТНВД.

Дизельные двигатели менее быстроходны и поэтому при равной мощности с бензиновым характеризуются большим крутящим моментом. Дизельные двигатели больших размеров так же приспособлены для работы на мазуте или других тяжёлых топливах.

Сейчас же современные дизельные двигатели работают по циклу Тринклера, а не по циклу Дизеля. Особенностью такого рабочего цикла является – более высокая механическая напряжённость, требующая повышенной прочности конструкции и, соответственно, увеличения её размеров, тем самым, веса и увеличения стоимости этой дорогой и усложнённой конструкции. Также дизельные двигатели за счет гетерогенного сгорания неизбежно выбрасывают сажу и имеют повышенное содержание оксидов азота в отработавших газах.

Турбонагнетатели и компрессоры

Так же для повышения качественных характеристик двигателей используют специальные устройства, нагнетающие под давлением воздух в камеру сгорания. Тем самым увеличивается количество сгораемой смеси и довольно сильно улучшаются мощностные качества.

Существует два типа нагнетателей воздуха. На отработавших газах (турбонаддув) и с приводом от ремня (компрессор).

Турбина представляет собой две улитки, с соединёнными крыльчатками. Отработавшие газы идут в одну улитку, раскручивают крыльчатку. Она, тем самым с другой стороны, раскручивает другую крыльчатку, которая в другой улитке нагнетает воздух, идущий уже или сразу во впуск или в интеркуллер, который охлаждает воздух и позволяет вместить больше молекул кислорода в камере сгорания.

Компрессор действует по похожему принципу, но в отличие от турбины раскручивается непосредственно от двигателя и это устройство более традиционное. Есть ведущий и ведомый роторы, которые крутятся и нагнетают

воздух. Компрессоры применялись на советских 2т двигателях ЯАЗ-204 и ЯАЗ-206.

Экология и ресурс ДВС

Для продления срока службы двигателя нужно, в первую очередь, чтобы двигатель изготавливался из качественных материалов. То, из чего сделан двигатель, какой материал выбран и как он обрабатывался очень важно, так как неправильный выбор материалов или оценка прочности может трагично сказаться на ресурсе данного двигателя.

Так же важно не допускать перегрева, как отдельных узлов, так и всего агрегата целиком. Перегрев в худшую сторону сказывается на работоспособности агрегатов и может нанести непоправимый ущерб. Для недопущения перегревов используют циркулирующие жидкости или потоки воздуха. В первом случае жидкости (вода, тосол) циркулирующие в двигателе отводят тепло с агрегатов и отдают радиаторам. Так же могут использоваться охлаждение масла, не только чтобы охлаждать двигатель, но и для поддержания густоты, нужной для поддержания давления этого самого масла.

Не стоит забывать об экологии. Внутри всех ДВС, кроме сгорания топливной смеси, так же выделяются CO, окислов азота NOx и различных углеводородов СН, а дизельные двигатели могут выбрасывать немало сажи. И количество данных веществ по большей части зависит от качества протекания рабочих процессов в двигателе (температуры сгорания, времени сгорания), а также непосредственно от качества топлива. Все эти вещества наносят вред, как окружающей среде, так и человеку. Уменьшение расхода топлива, улучшение условий сгорания уменьшают количество вредных выбросов.

Раньше вредные выбросы особо не волновали людей так как ДВС не были так распространены, и, в общем, людей такие проблемы не особо волновали. Но с течением времени и увеличения машин с ДВС производителей обязали соблюдать некоторые экологические нормы, которые с каждым годом становились всё строже и строже.

Есть несколько способов сделать работу ДВС с меньшими выбросами и экономичным потреблением:

- Экологически чистое топливо как водород или углекислый газ, или улучшение более традиционных видов топлива как бензин или дизель.
- Изменение и улучшение работы двигателя или разработка новых ДВС. Улучшение качества сгорания топлива (компьютерный впрыск, уменьшение степени сжатия, система CommonRail (на дизелях) и т.д.).
- Установка каталитических нейтрализаторов для очистки отработавших газов.

Больше всего вредные выбросы выделяет именно наземный транспорт (около 50%), это в первую очередь грузовые и легковые автомобили и их поршневые ДВС, которые для достижения хорошей эффективности имеют большую температуру сгорания, из-за которой образуются окислы азота. Углеводородные выбросы фильтруются катализатором, но этого не хватает для полной очистки выхлопных газов.

Раньше использовали этилированный бензин, который при сгорании выделял практически не выводимый из организма человека свинец. А больше всего загрязнение происходит в городах и мегаполисах, расположенных на низинах, в безветренную погоду там виден смог. Сейчас же нормируется не только вредные выбросы, но и выделение углекислых веществ и воды, так как они тоже влияют на климат.

В наше время серьёзно опасаются за климат, Глобальное потепление и сомневаются в рациональности дальнейшего использования ДВС на ископаемом топливе. В последствие в Европе планируют с 2025 года переключиться на массовое использование электромобилей, так как считается, что автомобили с ДВС влияют на всю экосистему в целом.

Нормы Евро

Экологические нормы Евро-1 появились в 1992 году в Евросоюзе, и они начали действовать с 1993 года. Тогда он распространялся на всю технику и регулировал количество выделяемого СН, СО и NO из выхлопных газов, которая производится, ввозится или вывозится с территории Евросоюза. Так же требования, как к дизельным, так и к бензиновым автомобилям, были одинаковые, только в дизельных автомобилях регулировался выброс сажи.

В 1995 году вышел Евро-2 и сразу же ужесточил норму выброса вредных частиц в три раза.

В 1999 году Евро-3 регламентирует снижение выбросов на 30-40%, так же у бензиновых двигателей появилась норма на количество содержания углеводородов в выхлопе.

Евро-4 принятые в 2005 году ещё сильнее ограничивают уровень выбросов, так они стали чище на 65-70%

В 2009 году Евро-5 ввёл норму на летучие органические вещества у бензиновых двигателей и ещё сильнее сократил количество вредных веществ в дизельных двигателях

Принятая в 2015 году норма Евро-6 на данный момент последняя. Так же увеличилась требования к ДВС, так допустимой нормой оксидов азота было сокращено в 5 раз, уровень твёрдых частиц уменьшено в два раза, а содержание остаточный углеводов в 3,5 раза.

Литература

1. Лекция: Евро 6 [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://belchemoil.by/news/tehnologii-i-trendy/evro-6-i-ego-osobennosti>. – Дата доступа: 26.10.2022.

2. Разрез двигателя внутреннего сгорания. Устройство двигателя внутреннего сгорания - Режим доступа: <https://edukr.ru/car-insurance/razrez-dvigatelya-vnutrennego-sgoraniya-ustroistvo-dvigatelya/>. – Дата доступа: 26.10.2022.

УДК 681.5.08

**ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЕЙ
ELECTRONIC DEVICES FOR CAR DIAGNOSTICS**

А.В. Пархимчик, А.С. Абакунчик

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Parkhimchik, A. Abakunchik

Supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: электронные приборы для диагностики автомобилей, виды, устройство, принцип работы.

Abstract: electronic devices for car diagnostics, types, device, principle of operation.

Ключевые слова: нагрузочная вилка, мультиметр, омметр, вольтметр, амперметр.

Keywords: multimeter, odometer, voltmeter, ammeter.

Введение

Автомобиль представляет собой сложную систему из множества приводов, механизмов, узлов, систем. С каждым годом автомобили становятся все безопаснее, экологичнее, дешевле в эксплуатации, а главное надежнее и комфортнее. Такой стремительный прогресс был бы невозможен, если бы в авто не было много различной электроники.

Современные автомобили оснащены модулями управления для работы важнейших устройств и систем, в том числе: система управления двигателем, система безопасности, противоугонная системы, электрооборудование салона и прочее. И абсолютно каждая из этих систем требует постоянного контроля работоспособности, своевременного обслуживания и соответственно ремонта, в случае возникновения неисправности.

Основная часть

Источниками электроэнергии в автомобиле является аккумуляторная батарея (АКБ) и генератор. Для правильной работы автомобиля напряжение в бортовой сети должно составлять 13.5-14.2 В, на заведенном автомобиле и 12-13 В на незаведенном автомобиле.

В аккумуляторе между пластинами и электролитом непрерывно происходит электрохимическая реакция. При разряде химическая энергия преобразовывается в электрическую энергию, а при заряде, наоборот – электрическая в химическую энергию. Когда аккумулятор подключен к потребителям энергии, то происходит его разрядка. Стандартный аккумулятор – это шесть маленьких аккумуляторов, заключенных в один корпус. Каждый дает напряжение в 2,1-2,2 В. Шесть емкостей соединены последовательно толстыми свинцовыми перемычками, что в итоге дает напряжение в 12,6-13,2 В.

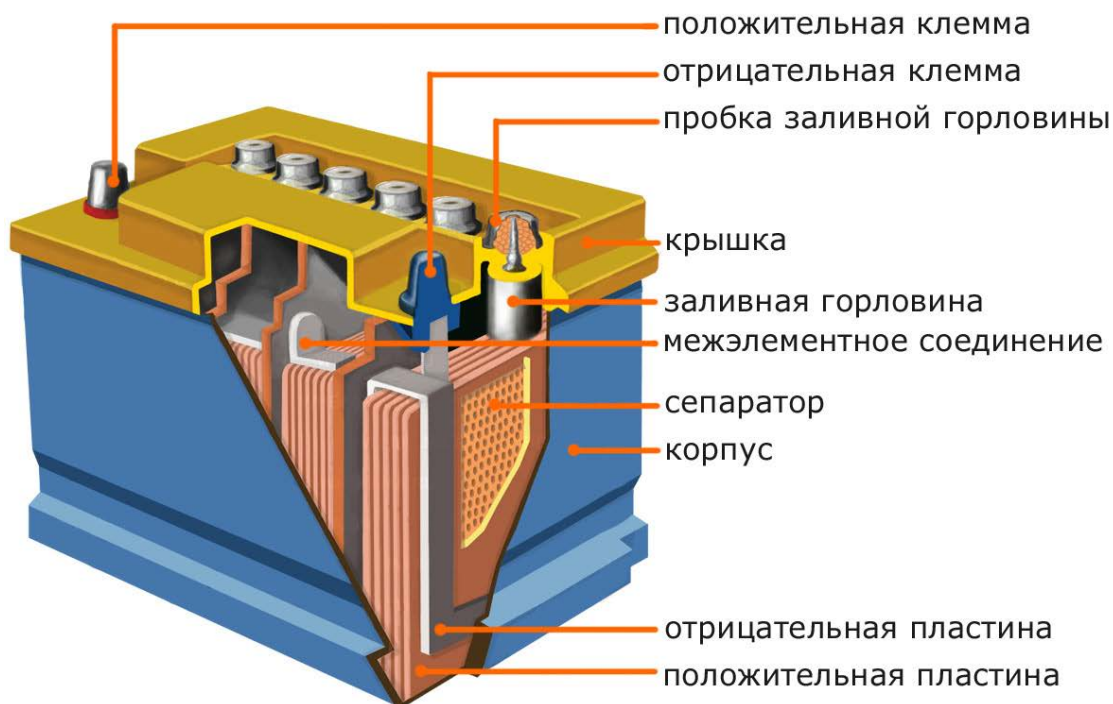


Рисунок 1 – Стандартный аккумулятор

Для проверки аккумулятора используют нагрузочную вилку и мультиметр.

Нагрузочная вилка – это устройство, которое применяется для измерения заряда аккумуляторной батареи. Заряд измеряется как под нагрузкой, так и при разомкнутой электрической цепи.

Смысл работы нагрузочной вилки заключается в том, что она создает нагрузку на АКБ, имитирующую запуск двигателя. То есть батарея работает так же, как если бы она давала ток для запуска стартера.

Проводить тестирование необходимо только на полностью заряженном аккумуляторе. Сначала измеряется напряжение разомкнутой цепи. Если показатели соответствуют 12,6-12,7 В и выше, то можно проводить измерения под нагрузкой.

Неисправные АКБ не выдерживают нагрузки, хотя могут показывать полный заряд. Нагрузочная вилка дает нагрузку, которая превышает емкость батареи в два раза. Например, емкость батареи 60 А*ч, нагрузка должна соответствовать 120 А*ч.

Степень заряженности батареи можно оценить по следующим показателям:

- 12,7 В и больше – батарея полностью заряжена;
- 12,6 В – нормальный заряд батареи;
- 12,5 В – удовлетворительный заряд;
- ниже 12,5 В – необходима зарядка.

Если после подключения нагрузки напряжение начинает снижаться ниже 9 В, это говорит о серьезных проблемах с АКБ.

Устройство нагрузочной вилки может отличаться в зависимости от модели и дополнительных возможностей. Но есть несколько общих элементов:

- Вольтметр (аналоговый или цифровой);

- Нагрузочный резистор в виде спирали сопротивления в корпусе вилки;
- Один или два щупа на корпусе (в зависимости от конструкции);
- Минусовой провод вилки с зажимом типа крокодил.

В простых приборах на корпусе вилки имеются два щупа для измерения под нагрузкой и напряжения разомкнутой цепи. Вольтметр используется аналоговый, который показывает напряжение стрелкой на циферблате с делениями. Более дорогие модели имеют электронный вольтметр. В таких устройствах легче считывать информацию и показатели более точные.

Разные модели нагрузочных вилок имеют различные характеристики и возможности. Они могут отличаться по:

- диапазону измерения напряжения вольтметра;
- диапазону измерения силы тока;
- температуре эксплуатации;
- назначению (для кислотных или щелочных АКБ).

Виды вилок.

Всего существует два вида нагрузочных вилок для аккумуляторов:

- для кислотных АКБ;
- для щелочных АКБ.

Более того крайне важным устройством для проведения множества работ с электроникой автомобиля является мультиметр. С его помощью можно найти ток утечки, определить напряжение, сопротивление и силу тока на необходимых участках цепи, прозвонить цепь на разрыв или короткое замыкание. В случае мультиплексной шины (использовалась в Peugeot 605) определить частоту тока.

Мультиметр включает в себя омметр, вольтметр и амперметр.

Вольтметр всегда подключается параллельно к нагрузке в цепи, для которой должно измеряться напряжение. Вольтметр постоянного тока имеет знаки полярности. Поэтому необходимо подключить клемму плюса (+) вольтметра к верхней точке потенциала, а клемму минуса (–) к нижней точке потенциала, чтобы получить отклонение вольтметра.

В вольтметре переменного тока нет знаков полярности, и его можно подключить в любом случае. Однако в этом случае также вольтметр все еще подключен параллельно к нагрузке, для которого измеряется напряжение. Вольтметр с диапазоном высокого напряжения создается путем последовательного соединения сопротивления с измерительным механизмом, который имеет полную шкалу напряжения (рисунок 2).

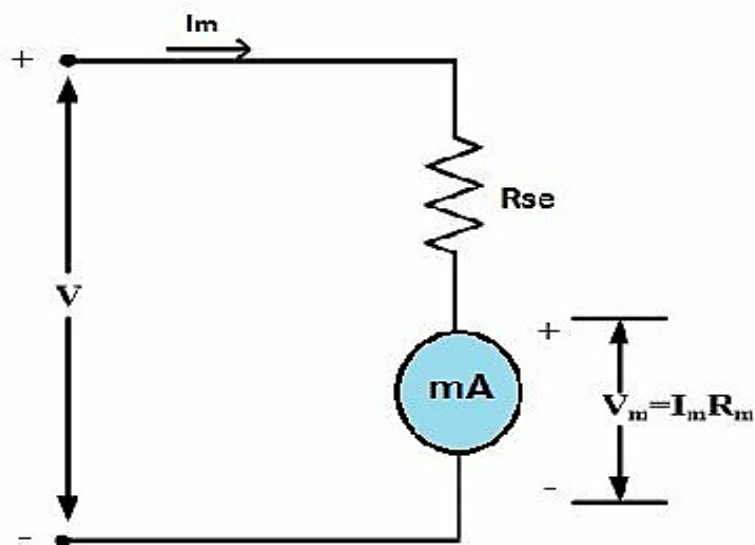


Рисунок 2 – Полная шкала напряжения

Амперметр

Устройство амперметра зависит непосредственно от модели и производителя. У классического амперметра имеется катушка, стрелка и градуированная шкала. Через катушку устройства проходит некоторая часть тока, который необходимо измерить. Это количество тока обратно пропорционально сопротивлению катушки. Она включена параллельно шунту (калиброванное сопротивление) малого сопротивления. Выпрямленный или прямой ток проходит через катушку.

Омметр

Принцип действия прибора для измерения сопротивления заключается в следующем. В схему подключения цепи гальванометра включён переменный резистор для калибровки и батарейка (или аккумулятор). Нулевое значение аналогового омметра находится не слева, как у вольтметра или амперметра, а справа. Шкала проградуирована «задом наперёд». Деления шкалы расположены таким образом, что визуальное расстояние на шкале для одного и того же интервала сопротивлений снижается. Например, деления располагаются справа налево в следующей последовательности: 0, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500 Ом, 1 кОм, 5, 25, 200 кОм и ∞ «бесконечность». Последний символ – крайнее левое положение стрелки.

Компьютерная диагностика

Компьютерная диагностика автомобиля – это диагностика различных систем автомобиля, производящаяся блоком управления автомобилем. Результаты диагностики отображаются для владельца автомобиля, например в виде сигнала, показывающем о неисправности на приборной панели, а также используются автомеханиками и диагностами. Системы OBD внедряются с 1980-х годов, OBD-2 – с 1996 года. Современные варианты используют стандартизованные цифровые порты для предоставления текущих данных и выдачи ряда стандартных кодов проблем. На сегодняшний день, практически все автомобили имеют диагностические разъемы. Самый популярный стандарт – OBD 2.

Диагностический компьютер связывается с различными блоками автомобиля, которые формируют отчет и выводят его на устройство. На сегодняшний день самыми популярными являются ELM327 и Launch x431.

Заключение

Современный автомобиль представляет собой сложную систему механизмов, узлов и агрегатов, существование которых невозможно без участия электроники. Более того в современном автомобилестроении всё больше увеличивается роль электро- и сервоприводов. Однако всё это механизмы, для которых характерна выработка и износ. Благодаря современному оборудованию, мы можем не только сделать автомобиль комфортнее и безопаснее, но и значительно упростить его обслуживание, диагностику и ремонт.

Литература

1. Принцип работы вольтметра [Электронный ресурс]/ Принципы работы устройств. – Режим доступа: <https://principraboty.ru/>. – Дата доступа: 08.11.2022.
2. Нагрузочная вилка для аккумулятора: что это такое и для чего нужна, как проверить АКБ. [Электронный ресурс]/ Электрооборудование. – Режим доступа: <https://techautoport.ru/> – Дата доступа: 08.11.2022.
3. Автомобильный аккумулятор: устройство, виды и принцип работы АКБ, а также срок службы и характеристики батареи [Электронный ресурс]/ Электрооборудование. – Режим доступа: <https://techautoport.ru/> – Дата доступа: 08.11.2022.
4. Омметр: что измеряет? Схема подключения в цепь простого цифрового электронного или аналогового прибора для измерения сопротивления [Электронный ресурс]/ Всё об омметрах. – Режим доступа: <https://stroypodskazka.ru/ommetr/vse/?ysclid=labpnd7nro796151830> – Дата доступа: 08.11.2022.

УДК 534.204.1

**ЭХОЛОКАТОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ МОРСКИХ ГРУНТОВ
ECHOLOCATOR FOR DETERMINING THE PROPERTIES
OF MARINE SOILS**

Р.В. Баршевич, Е.С. Малахвей, С.С. Мартиновский

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель
Белорусский национально технический университет, г. Минск

R. Barshevich, E. Malakhvey, S. Martynovsky

Scientific supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье рассматривается работа эхолотаторов и области их применения.

Abstract: the article discusses the operation of echo sounders and their applications.

Ключевые слова: эхолотатор, пьезоэлектрический эффект, волны.

Keywords: sonar, piezoelectric effect, waves.

Введение

Гидролокатор (звуковая навигация и дальнометрия) – это способ, в котором используют распространение звуковых волн (обычно под водой) для навигации, измерения дальности, связи или обнаружения подводных объектов или над поверхностью воды, например другие корабли. Эти типы технологий имеют общее название "гидролокатор": пассивный гидролокатор, "прослушивает" звук, издаваемый судами; активный гидролокатор выпускает звуковые импульсы и прослушивает эхо. Гидролокатор может использоваться как акустическая локация и измерение эхо-характеристик "целей" в воде.

Основная часть

Эхолот по-английски "sonar". Этот термин является аббревиатурой для выражений "Звук" (sound), "Навигация" (navigation) и "Время до возвращения сигнала" (time until signal return). Эхолоты были разработаны в период Второй мировой войны для нахождения подводных лодок противника и слежения за ними. Transm – это передатчик, преобразователь, приемник и экран эхолота.

История создания

В 1826 году Даниэль Колладон измерил скорость звука в водах Женевского озера, Швейцария. Этот эксперимент был одним из многих шагов на пути к созданию сонара. Однако использование гидролокатора оставалось на экспериментальной стадии еще 90 лет, и моряки продолжали проводить свои измерения по старинке.

Первая мировая война изменила все это, когда Германия ввела подводные лодки в бой против кораблей союзников. У кораблей не было возможности увидеть приближающиеся подводные лодки. Военное министерство США спросило ученых, что можно сделать с этой проблемой. Результатом военных действий стало государственное финансирование исследований и противолодочная война, что привело к ускоренному развитию подводных технологий. Подводные лодки также воспользовались технологией echo, когда

на подводных лодках были установлены источники звука как для эхолокации, так и для азбуки Морзе.

После использования подводной звуковой технологии для измерения близости к берегу и другим судам исследователи вскоре поняли, что если звуковое устройство направить на морское дно, можно точно определить глубину. Ранние “эхолоты”, как их называли, имели очень плохую направленность и основывались на предположении, что эхо-сигналы исходят непосредственно из-под судна. Включенный угол (конус диаграммы направленности луча к нижней точке на 3 дБ) составлял около 60 градусов. Это было неверное предположение, если бы внизу было какое-либо очертание морского дна, но оно было проще, чем старый метод свинцовой линии, и могло быть выполнено на ходу (рисунок 1).

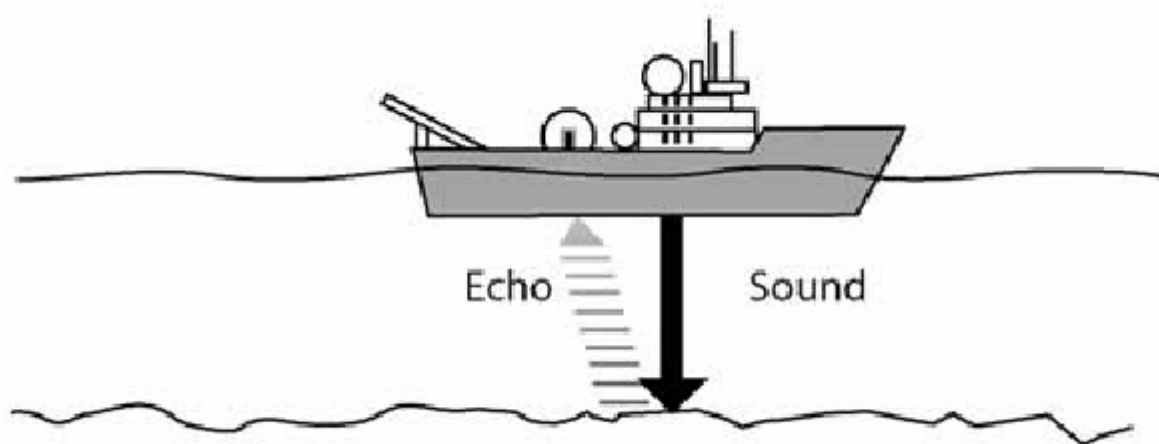


Рисунок 1 – Схема принципа работы эхолотатора

Сфера применения

Эхолоты полезны при поиске надежных мест для установки опор и мостов, участков заиленного дна рек, которое необходимо углубить. Определенные эхолотные модели позволяют точно изучить водохранилища, в том числе насыщенность фауны, структуру и плотность почвы, а также температуру воды.

Технология гидролокатора в основном используется для расчета глубины, дальности и направления присутствия объектов. Ниже приведены некоторые варианты использования технологии гидролокатора:

- Для подводной связи на кораблях и подводных лодках используются специальные гидролокаторы.
- Сонар используется в медицинской визуализации для обнаружения кист и раковых клеток, и этот процесс известен как сонограмма.
- Он используется военными для отслеживания вражеских военных кораблей и подводных лодок.
- Гидролокатор часто используется для мониторинга трубопроводов, по которым транспортируется нефть и газ, с целью обнаружения потенциальных повреждений.
- Он используется рыбаками для определения местоположения косяков рыб.

Как датчик определяет рыбу

Некоторые гидролокаторы специально разработаны для обнаружения рыбы. Эти системы используют тот же основной принцип, что и другие гидролокаторы – они передают звуковые импульсы, измеряют время, необходимое для возвращения эха, и вычисляют расстояние до объектов.

Гидролокаторы для обнаружения рыбы отправляют и принимают сигналы много раз в секунду. Они концентрируют звук в луч, который передается от преобразователя. Эти устройства включают в себя визуальные дисплеи, которые печатают эхо-сигналы. Нижняя часть отображается в виде непрерывной линии, проведенной поперек дисплея. Кроме того, также могут отображаться любые объекты, находящиеся в воде между поверхностью и дном.

Эхолоты обнаруживают присутствие рыбы главным образом по воздуху в их плавательных пузырях. Воздух, сохранный в плавательном пузыре, изменяет траекторию звука и отражает энергию обратно. Эхолот обнаруживает эту отраженную энергию и преобразует ее в изображения рыб на экране.

Эхолоты работают на высоких частотах звука, примерно 20-200 кГц (20-200 000 циклов в секунду). Это помогает определить цели и даже может отображать двух рыб в виде двух отдельных эхо-сигналов или арок. Средние частоты (например, 50 кГц) могут проникать в более глубокие воды, но могут быть неспособны определять отдельные цели. Добавление большего количества энергии в импульс, посылаемый датчиком, увеличивает вероятность получения сигнала о возвращении в более глубоких водах.

Изображения формируются на визуальном дисплее в виде дуг из-за движения лодки или рыбы. Когда звук передается от преобразователя, он концентрируется в луч. Когда звук проникает в более глубокие воды, луч распространяется и охватывает более широкую область. Если бы передаваемый звук был нанесен на график, он выглядел бы как дорожный конус с заостренной вершиной и широким основанием.

Как датчик определяет состав дна

Всегда помните, что ваш датчик показывает только время, необходимое для возврата сигнала, а сила обратных сигналов гидролокатора показывает различную твердость дна. В этой палитре используется желтый цвет для отображения наиболее сильной отдачи сонара, поэтому более твердое дно отображается желтым, затем красным, а мягкое дно – синим.

Зеленые стрелки указывают на то, что кажется твердым слоем под мягким дном. Гидролокатор не проникает ниже поверхности дна. Причина, по которой желтый цвет находится ниже красного, заключается в том, что он показывает более твердую область на краю конуса, для возврата звука требуется больше времени, поскольку он находится дальше от преобразователя, чем в центре конуса.

Гидролокатор показывает, как далеко находится цель от датчика, поэтому край конуса находится дальше от датчика.

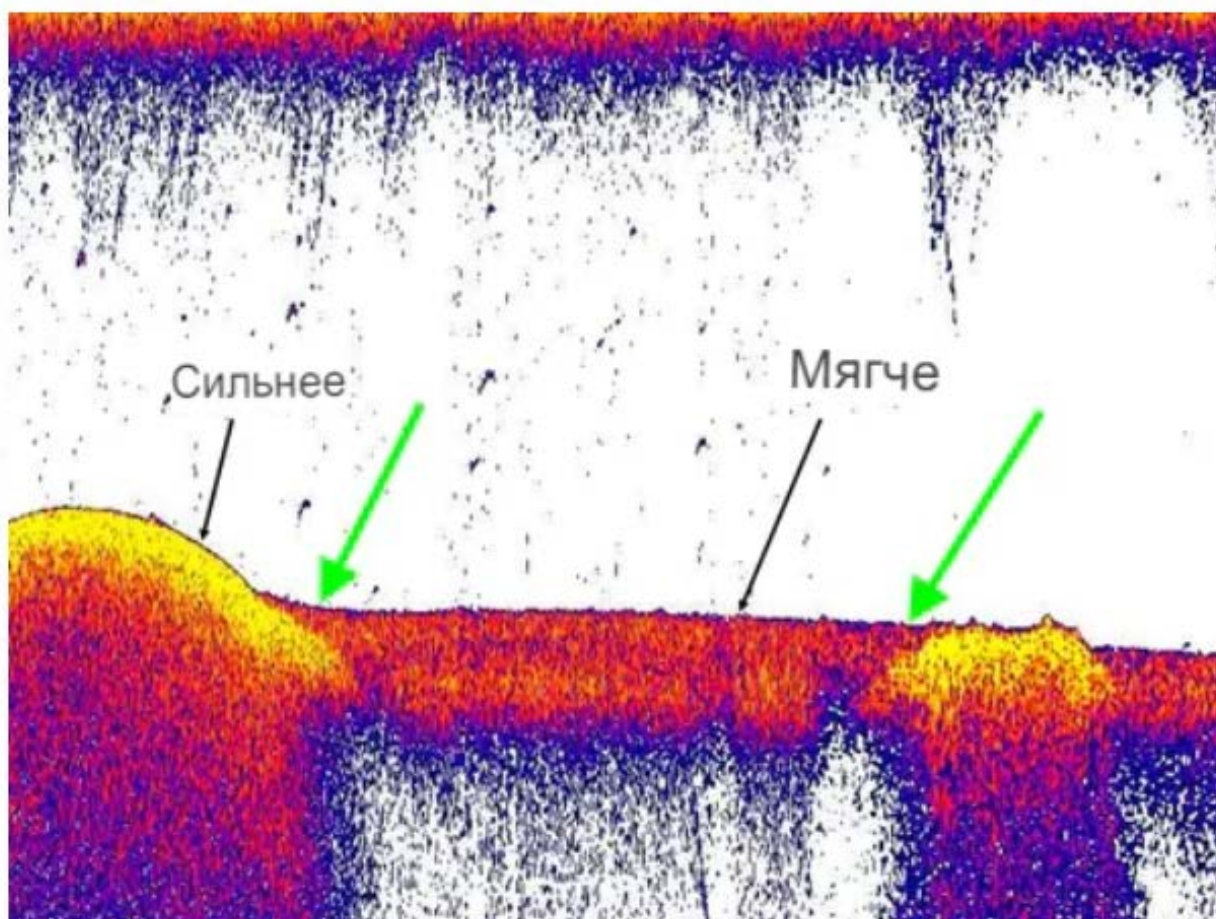


Рисунок 2 – Диаграмма дна

Как эхолот определяет глубину дна

Для измерения глубины может быть несколько методов, таких как использование измерительной ленты или измерительной палочки, но их достаточно только для измерения глубины на мелководье и они не применимы в море. Кроме того, судно обычно движется, и должен быть способ непрерывного мониторинга глубины. Это достигается за счет использования прибора, известного как эхолот, который описан в следующем пункте.

Зная скорость волны и время возврата, можно рассчитать расстояние, пройденное волной используя простую математическую формулу:

$$s = v * t, \quad (1)$$

где s – расстояние;

v – скорость;

t – время прохождения сигнала.

Поскольку волна должна перемещаться вверх и вниз, фактическая глубина составляет почти половину расстояния, поэтому, если d – глубина, то

$$d = s / 2 = v * t / 2 \quad (2)$$

Основные части эхолота

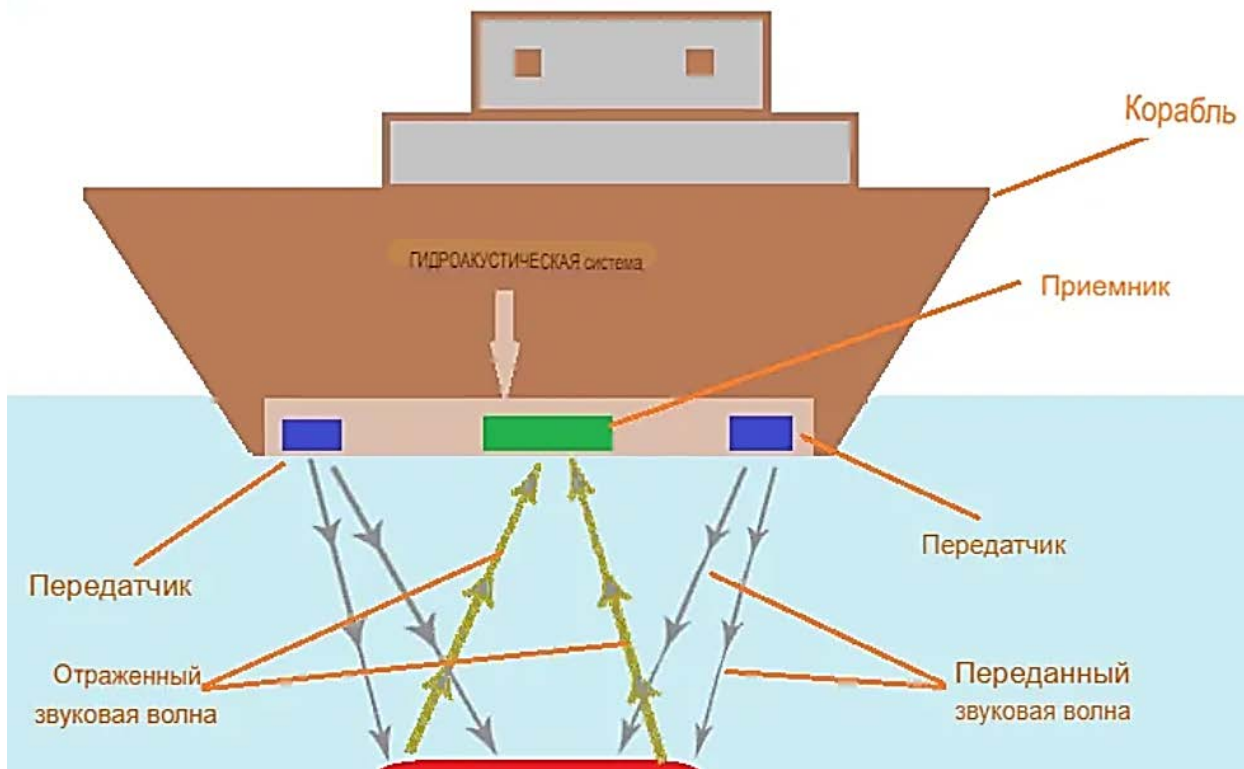


Рисунок 3 – Составляющие эхолота

В качестве передатчика выступает прибор, который называется вибратором. Существует два основных типа вибраторов:

- Пьезокерамические – использующие свойство некоторых материалов изменять свои геометрические размеры под воздействием электрического напряжения.
- Магнитоstrictionные – работающие на эффекте магнитоstrictionии.

Принцип работы пьезокерамических вибраторов

Пьезоэлектрики, а именно пьезокерамика, которая зачастую применяется в эхолотах, имеет то свойство, что под действием внешних механических деформаций на поверхности пьезокирамики возникают электрические заряды.

Пьезоэлектричество было открыто двумя братьями учеными, Жаком и Пьером Кюри, в 1880 году. Они узнали о пьезоэлектричестве после того, как впервые поняли, что давление, приложенное к кварцу или даже некоторым определенным кристаллам, создает электрический заряд в этом определенном материале. Позже они назвали это странное и научное явление пьезоэлектрическим эффектом.

Братья Кюри вскоре обнаружили обратный пьезоэлектрический эффект. Это было после того, как они убедились, что, когда электрическое поле воздействовало на кристаллические выводы, это приводило к деформации или нарушению кристаллического вывода – теперь это называется обратным пьезоэлектрическим эффектом.

Термин пьезоэлектричество происходит от греческого слова *piezo*, означающего сжимать или давить. Интересно, что слово электрический, в

перевод с греческого означает янтарный. Янтарь также оказался источником электрического заряда.

Многие электронные устройства сегодня используют пьезоэлектричество. Например, когда вы используете какое-либо программное обеспечение для распознавания голоса или даже Siri на своем смартфоне, микрофон, в который вы говорите, использует пьезоэлектричество. Этот пьезокристалл преобразует звуковую энергию в ваш голос и преобразует ее в электрические сигналы для интерпретации вашим компьютером или телефоном. Все это становится возможным благодаря пьезоэлектричеству.

Создание различных более совершенных технологий можно проследить до открытия пьезоэлектричества. Например, мощные чувствительные микрофоны sonar “sonobuoу” и керамический преобразователь звукового тона стали возможными благодаря пьезоэлектричеству. Сегодня мы наблюдаем развитие все большего количества пьезоэлектрических материалов и устройств.

Некоторые из этих устройств, такие как электронная зубная щетка, используют пьезоэлектричество для создания физических вибраций, что заставляет зубную щетку вибрировать и облегчает чистку зубов. То же самое с микрофоном в смартфоне, который преобразует звук голоса человека в электронные сигналы, которые могут быть считаны встроенным процессором для взаимодействия с определенными приложениями и функциями.

Пьезоэлектричество может использоваться различными способами, включая измерение изменения давления, силы и температуры. Выработка электричества путем преобразования движения в энергию, создание ультразвуковых волн, управление акустикой в динамиках и даже генерация электрических сигналов в кардиостимуляторах – это всего лишь несколько примеров того, как можно использовать пьезоэлектричество.

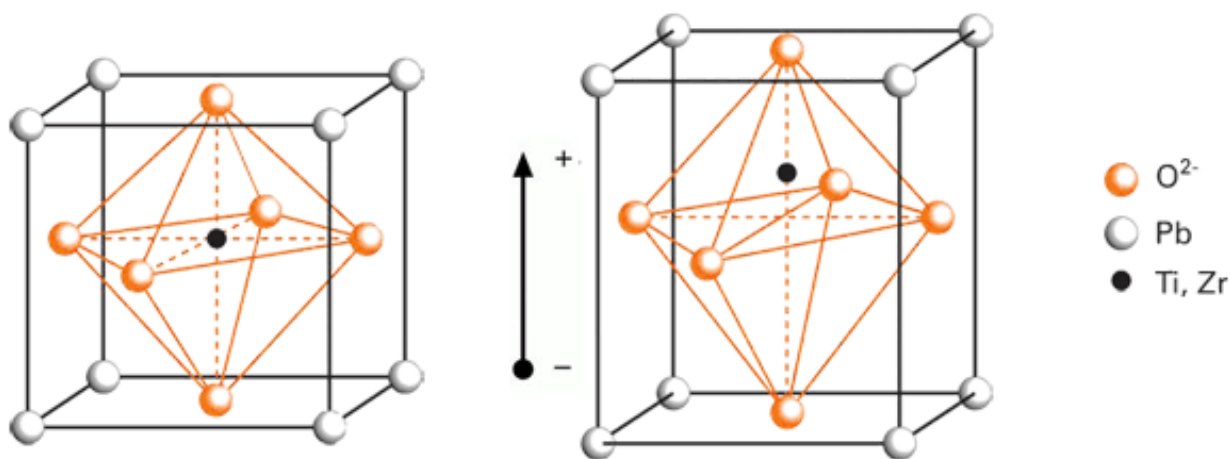


Рисунок 4 – Элементарная ячейка цирконата титоната свинца (ЦТС) при температуре выше точки Кюри (слева) и при температуре ниже точки Кюри (справа)

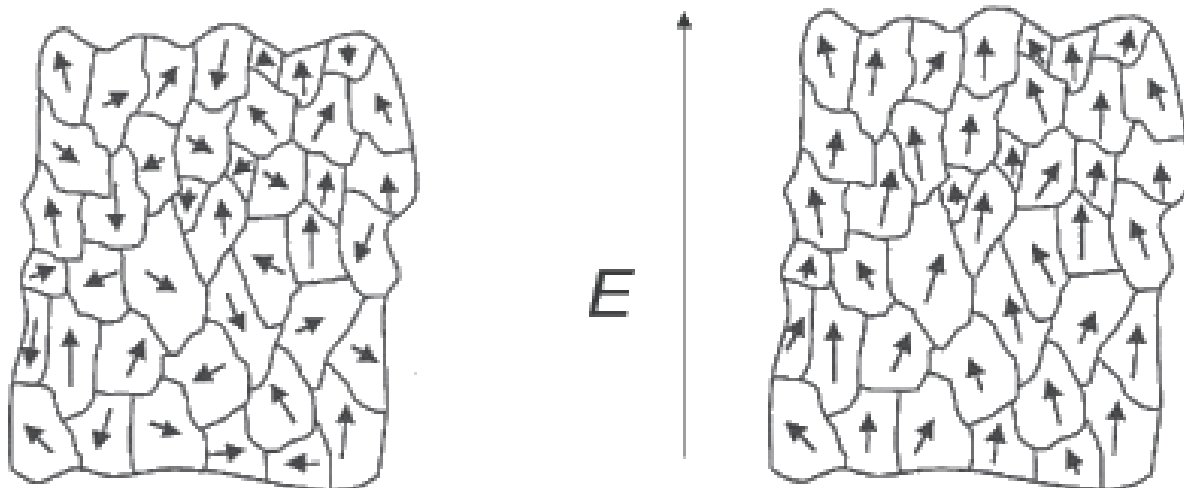


Рисунок 5 – Неупорядоченная поляризация (слева) и упорядоченная поляризация доменов при наложении сильного электрического поля (справа)

Заключение

Эхолоты, которые работают на основании пьезоэлектрического эффекта, являются очень важными устройствами в современном мире. Они обеспечивают безопасность судоходства, выявляя опасные участки на пути. Служат для определения устойчивых мест для установки мостов, т.к. эхолот может определять плотность морского или речного дна.

Литература

1. Эхолоты [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery/26471-echo-sounder-how-deep-is-the-sea/> – Дата доступа: 07.10.2022
2. Пьезоэлектрический эффект [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/piezoelectric-effect> – Дата доступа: 07.10.2022

УДК 629.113/.115

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ
VEHICLE ELECTRICAL EQUIPMENT**

Е.В. Серeda

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

E. Sereda

Supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: электрооборудование – это совокупность электрооборудования, устройств и источников тока, обеспечивающих работу транспортного средства. Без него невозможно представить привычную работу двигателя.

Abstract: electrical equipment is a set of electrical equipment, equipment and current sources, ensuring their operation of vehicles. Without which it is impossible to imagine the usual operation of the engine.

Ключевые слова: ток, система, напряжение, регуляторы, устройство.

Keyword: current, system, voltage, regulators, device.

Введение

Электрооборудование транспортного средства – это совокупность электрооборудования, устройств и источников тока, обеспечивающих работу транспортного средства. Для соединения источников и потребителей тока используется однопроводная система. Второй проводник – это масса (металлическая часть) транспортного средства, к которой подключена отрицательная клемма электрооборудования. Электроприборы питаются от источника постоянного тока 12 В или 24 В.

Основная часть**Источники тока**

Генератор переменного тока, выпрямитель и аккумулятор являются основными блоками источника электрического питания автомобиля. К ним подключается также блок управления.

Генератор

Генератор преобразует механическую энергию двигателя в электрическую энергию. Генератор обеспечивает электроэнергией все электрические потребители и заряжает аккумулятор. В автомобилях используются генераторы переменного тока, которые представляют собой трех фазные синхронные машины с возбуждением от электромагнитного поля. Основными компонентами генератора переменного тока являются статор, имеющий неподвижную обмотку, в которой индуцируется переменный ток, и ротор, создающий движущееся магнитное поле. Ротор генератора приводится в движение ремнем от коленчатого вала двигателя через шкив генератора. Когда генератор включается, ток проходит через щетки в обмотку возбуждения, создавая магнитное поле, и при вращении ротора в обмотке статора индуцируется переменный ток.

Переменный ток преобразуется в постоянный с помощью выпрямительного блока, а генератор охлаждается вентилятором шкива генератора.

Регулятор напряжения

Регулятор напряжения поддерживает постоянное напряжение генератора переменного тока даже при изменении оборотов двигателя. В регуляторе напряжения используется вибрационный двухступенчатый электромагнитный регулятор. При увеличении напряжения генератора якорь начинает колебаться, размыкая и замыкая подвижные и верхние неподвижные контакты под воздействием магнитного поля обмотки и пружины. В цепи обмотки возбуждения генератора включается и выключается дополнительный резистор. Это первый шаг в регулировании напряжения генератора. Когда напряжение генератора достигает 14 В или выше, подвижные и нижние неподвижные контакты начинают замыкаться и размыкаться. Когда эти контакты замыкаются, обмотки возбуждения генератора замыкаются на «массу». Это вторая ступень регулирования напряжения генератора. Это регулирует напряжение, вырабатываемое генератором, в заданном диапазоне.

Аккумулятор

Аккумулятор преобразует химическую энергию в электрическую энергию. Она обеспечивает питание электрической системы, когда двигатель работает на холостом ходу или на низких оборотах. Свинцово-кислотные аккумуляторы, используемые в автомобилях, имеют низкое внутреннее сопротивление и могут обеспечить ток в сотни ампер, необходимый для запуска двигателя стартером за несколько секунд.

Аккумулятор характеризуется количеством электрической энергии, которую он может обеспечить. Емкость батареи выражается в ампер-часах и определяется конструкцией батареи, количеством пластин, толщиной пластин и материалом сепаратора пластин.

Элементы батареи имеют напряжением 2 В и соединены последовательно. Корпус батареи закрыт общей для всех элементов пластиковой крышкой.

На маркировке батареи указывается количество последовательно соединенных элементов, обозначающее напряжение батареи, назначение батареи и емкость (ампер-часы).

Потребители тока

Основными потребителями тока в автомобиле являются стартер, система зажигания, система освещения и управляющая электроника.

Стартер

Двигатель стартера вращает коленчатый вал с нужной стартовой скоростью. Начальная скорость вращения коленчатого вала бензинового двигателя составляет 40-50 оборотов в минуту. Стартер представляет собой электродвигатель постоянного тока, который приводит в действие ведущую шестерню, превращая электрическую энергию магнитного поля в механическую энергию. Он управляется дистанционно.

На стальном корпусе стартера закреплены четыре полюса с обмотками, три из которых соединены звездой, образуя обмотку статора, а четвертая обмотка

расположена на дополнительных полюсах, служащая для увеличения выходной мощности статора.

Стартер установлен на левой стороне двигателя и крепится обычно к картеру сцепления тремя болтами с гайками через фланец передней крышки.

Система зажигания

Система зажигания используется для воспламенения воздушной смеси в цилиндрах в соответствии с порядком и режимом работы двигателя.

Система зажигания состоит из двух контуров: низковольтного (первичный контур) и высоковольтного (вторичный контур). Первичная цепь состоит из выключателя зажигания, вспомогательного резистора, первичной обмотки катушки, низковольтного выключателя и конденсатора.

Вторичная цепь включает в себя вторичную обмотку катушки зажигания, высоковольтный распределитель и свечу зажигания. Когда выключатель зажигания включен, а контакты и низковольтный прерыватель замкнуты, ток от аккумулятора или генератора поступает в первичную цепь. Проходя через первичную обмотку катушки зажигания, ток создает сильное магнитное поле. Когда контакты прерывателя размыкаются, ток в низковольтной цепи прерывается. Затем магнитное поле пересекает вторичную обмотку катушки зажигания, где в нем индуцируется ток высокого напряжения. Высоковольтный ток подается на ротор распределителя зажигания. Когда контакты прерывателя размыкаются, ток высокого напряжения поступает на один из контактов распределителя, соединенный со свечой зажигания. Искровой разряд между электродами свечи зажигания происходит в том цилиндре, в котором в данный момент завершено сжатие воздушной смеси, то есть в нужном цилиндре двигателя.

В автомобильных двигателях, где увеличивается число цилиндров, степень сжатия и максимальные обороты, контактное зажигание не может обеспечить надежную работу. Для обеспечения надежности таких двигателей необходимо увеличить ток в первичной цепи (цепи низкого напряжения) системы зажигания, что проблематично, так как контакты прерывателя подгорают, и срок всего времени работы блока сокращается.

Главная особенность контактно-транзисторной системы зажигания заключается в том, что контакты размыкаются транзисторным коммутатором, находящимся в первичной цепи между катушкой зажигания и контактами прерывателя. Это устраняет необходимость в искрогасящем конденсаторе. Механизм работы следующий. Когда выключатель зажигания включен, после замыкания контактов прерывателя открывается транзистор коммутатора и ток течет через первичную обмотку катушки зажигания. Когда контакт прерывателя размыкается, транзистор коммутатора закрывается. Ток в первичной цепи резко снижается, и во вторичной обмотке катушки зажигания возникает ток высокого напряжения. Он подается на ротор распределителя зажигания, который распределяет ток высокого напряжения по свечам зажигания в соответствии с последовательностью работы двигателя.

Бесконтактная система зажигания формирует более стабильную искру, чем другие системы. Главной особенностью этой системы зажигания является то, что

в ней используется бесконтактный датчик, не подверженный механическому износу.

Система освещения

Система освещения состоит из наружного и внутреннего освещения. Система освещения состоит из фар, передних фар, задних фар, фонарей освещения номерного знака, внутреннего освещения, приборной панели, освещения моторного отсека, предохранителей и переключателей.

На автомобилях применяется двух фарная система освещения. Фары имеют круглую форму. Корпуса фар имеют подпружиненные держатели для оптических элементов.

Оптические элементы фар состоят из отражателей, рассеивателей, ламп и экранов. Лампа фары – двухламповая, например, 45 Вт для дальнего света и 40 Вт для ближнего. Экран на передней части колбы удерживает прямой свет от нити лампы и определяет верхнюю границу ближнего света. Это обеспечивает хорошее освещение дороги впереди и снижает вероятность ослепления встречных водителей. Ввинчивающаяся конструкция позволяет изменять положение держателя и связанных с ним оптических элементов в вертикальной и горизонтальной плоскости, при регулировке фары. Фары в сборе – объединяют прямоугольные фары, боковые указатели поворота и габаритные огни.

Лампы галогенные, заполнены парами йода и инертным газом. Световая отдача и срок службы в два раза выше, чем у обычных ламп накаливания. Кроме того, вольфрамовая нить не прилипает к внутренней стенке и лампы не темнеют, поэтому эффективность ламп не снижается за долгое время работы. Лампы имеют две нити накаливания: нить накаливания дальнего света мощностью 60 Вт и нить накаливания ближнего света мощностью 55 Вт. Нить накала дальнего света расположена в фокальной зоне отражателя, а нить накала ближнего света – в стороне, частично закрытая снизу, специальной металлической перегородкой, которая ограничивает распространение света вверх. Лампы мощностью 4 Вт предназначены для обозначения размеров, а лампы мощностью 21 Вт – для обозначения маневрирования автомобиля задним ходом. В корпусе фары имеется специальное гнездо для регулировки гидравлического положения фары.

Гидравлический регулятор фар позволяет изменять угол наклона фар в зависимости от загрузки автомобиля. Он состоит из главного цилиндра, рабочего цилиндра и соединительной трубки, заполненной специальной жидкостью, которая не замерзает даже при низких температурах. Гидравлический компенсатор управляется ручкой на приборной панели. Под действием гидравлического давления отражатель фары перемещается, регулируя пучок света в нужное положение. Пучки света фар автомобиля регулируются путем вращения двух специальных винтов, расположенных в задней части корпуса фары. Винты поворачивают отражатели в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Система сигнализации

Система звуковой сигнализации включает в себя звуковой сигнал, который при необходимости предупреждает пешеходов и других водителей

транспортных средств о приближении автомобиля. В автомобилях используются тональные и шумовые электровибрационные звуковые сигналы. Они располагаются в моторном отсеке и крепятся на кронштейнах.

В легковых автомобилях обычно используются два гудка, один высокий и один низкий. Рожки настроены на аккорд и работают одновременно. Ток в обмотках намагничивает сердечник, который притягивает якорь и отклоняет упругую стальную мембрану, закрепленную между корпусом и кольцом. В результате якорь воздействует на упругую пластину, размыкая контакты. Ток в обмотке прерывается, и сердечник размагничивается. Мембрана возвращается в исходное положение, и контакты замыкаются. Частота колебаний контактов 400...500 Гц, работа сигнала повторяется. Звук образуется в результате колебания воздуха мембраной и мелодии диффузором (резонатором). Толщина и диаметр диафрагмы, и диаметр резонатора обеспечивают соответствующий тон и качество звука. При высоких тонах диафрагма тоньше, чем в низких. Оба рупора являются без рожкового типа и подают пространственный сигнал.

В корпусе рупора имеется регулировочный винт, позволяющий изменять громкость и частоту работы.

Приборы

Приборы используются для контроля состояния систем и механизмов автомобиля. Приборы отображают уровень топлива в топливном баке, температура охлаждающей жидкости в системе охлаждения и давление масла в системе смазки двигателя. Кроме того, имеются различные индикаторные лампочки запаса топлива, давления масла, заряда аккумулятора и т.д.

Заключение

На основании проведенного исследования, можно сделать следующие выводы. Автомобильное электрооборудование – это совокупность сложных взаимосвязанных систем электропитания. Автомобильная отрасль достаточно быстро развивается с момента ее появления. Особенно быстро стала развиваться электронная часть автомобиля в последние годы.

Литература

1. Устройство автомобиля [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://works.doklad.ru/view/ToQk7-Gx6os/all.html>. – Дата доступа: 20.10.2022
2. Электрооборудование автомобилей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://systemsauto.ru/>. – Дата доступа: 23.10.2022
3. Потребители тока [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>. – Дата доступа: 16.10.2022

УДК 621.316

**ЭЛЕКТРОАВТОМОБИЛИ И ИХ УСТРОЙСТВО
ELECTRIC CARS AND THEIR DEVICE**

А.А. Долгий

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Dolgii

Supervisor – G. Mihalcevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: электроавтомобили давно стали для людей обычными средствами для передвижения, поэтому вопрос развития данной отрасли становится всё более важным для человечества. Электроавтомобиль возвышается над автомобилями с ДВС одним из важнейших параметров – экологичностью. Выбросов нет, поэтому очень важно развивать электродвигатели, делать их ещё мощнее, а так же увеличивать ёмкость батареи, чтобы проехать на 1-ом заряде можно было до 2000-3000 тысяч километров.

Abstract: electric cars have long been common means of transportation for people, so the issue of the development of this industry is becoming more and more important for humanity. An electric car towers over cars with internal combustion engines by one of the most important parameters – environmental friendliness. There are no throws, so it is very important to develop electric motors, make them even more powerful, as well as increase the battery capacity so that you can drive up to 2000-3000 thousand kilometers on the 1st charge.

Ключевые слова: электроавтомобиль, механизм, батарея, электродвигатель, управление, двигатель.

Keywords: electric car, mechanism, battery, electric motor, control, engine.

Введение

Современную жизнь среднестатистического человека нельзя представить без автомобиля. С течением лет технологии движутся вперёд, так и индустрия автомобилестроения развивается большими шагами. Ещё в конце 19 века были придуманы первые автомобили со знакомыми нам двигателям внутреннего сгорания (ДВС). В 21 веке различные системы автомобиля достигли современного совершенства по экологии выбросов, КПД и, конечно же, мощности. Поэтому разработчики стали искать способ перейти на новый уровень работы двигателей автомобилей. Ещё давным-давно был придуман электродвигатель, но в силу несовершенных технологий его реализация не могла быть возможной. И вот в начале 2000-ых годов инженеры придумали, как можно обеспечить длительность хода электромобиля на одном заряде, таким как с ДВС. За 20 лет учёные и инженеры смогли достичь высокого уровня характеристик электромобиля, и уже в 2022 году электроавтомобиль становится привычным для нас.

Основная часть

Общий принцип работы электромобилей

Электродвигатель – это мотор, который устанавливается на современные электромобили, а так же на гибридные авто. В гибридных авто электродвигатель работает в связке с ДВС.

Автомобили с ДВС успешно по возможности заменяются автоконцернами электромобилями. Например, в Европе 70% общественного транспорта – это электробусы. В Китае людям не нужно платить некоторые налоги на авто, если они применяют электротранспорт. К 2025 году и Беларусь стремится иметь полностью электрический автопарк общественного транспорта в крупных городах страны.

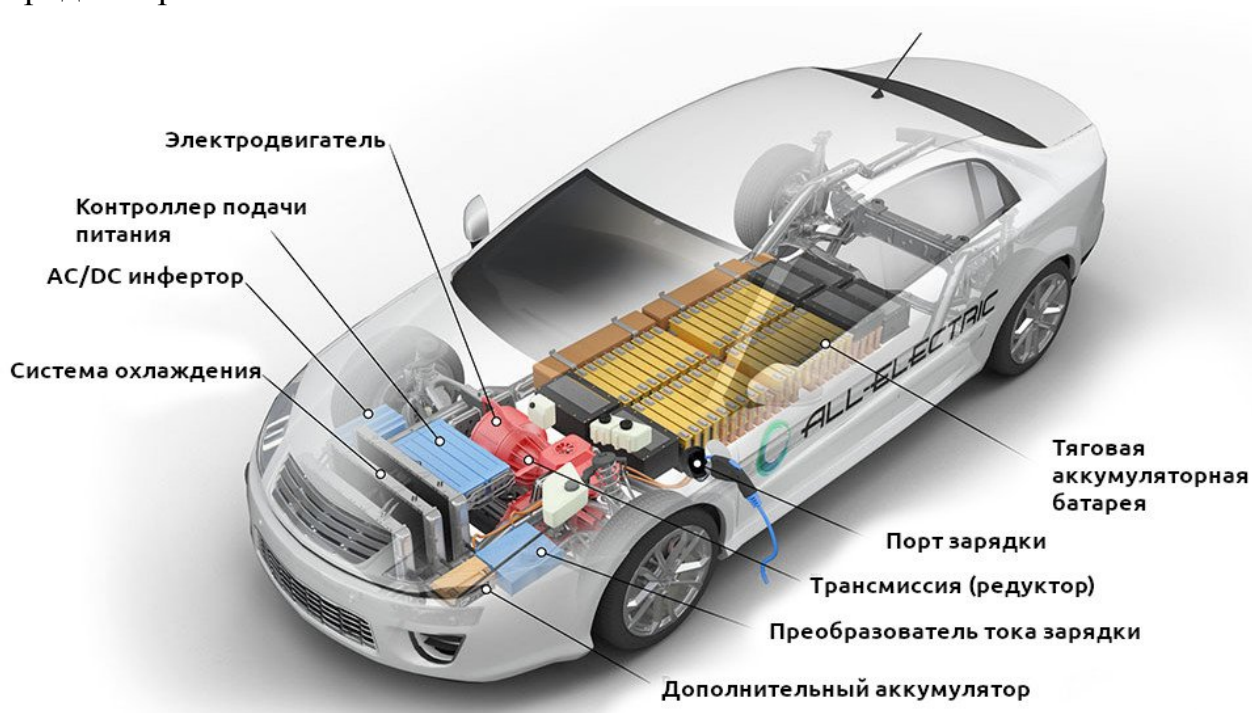


Рисунок 1 – Общее устройство электромобиля

Принцип работы электротранспорта заключается в преобразовании химической энергии аккумулятора в электрическую энергию, которая далее используется преобразователем напряжения или инвертором, их выходное напряжение используется для питания электродвигателя, который создает вращательный момент, передающийся на колеса.

Структура электромобиля

Батарея – это важнейшая деталь электромобиля. Она снабжает электричеством электродвигатель и дополнительные узлы для передвижения. В электромобиле она расположена зачастую прямо под водителем. Плюсом такого планирования является рациональное распределение центра тяжести и правильное использование пространства автомобиля. Батарея состоит из маленьких аккумуляторов, каждый из которых содержит несколько десятков, а то и сотен, батареек типа ААА. Такое решение позволяет быстрее охлаждать быстро нагревающиеся элементы. Порт зарядки служит для снабжения электроэнергией аккумулятора (батареи).

Преобразователь постоянного тока в переменный – это инвертор. Он служит для преобразования высокого напряжения тягового аккумулятора в напряжение переменного тока с необходимыми параметрами.

Электродвигатель

Электродвигатель – это преобразователь, который передает энергию от тяговой батареи на колеса. В некоторых случаях может использоваться мотор-генератор. Он передает энергию на колеса, а также способствует заряду аккумулятора при торможении.

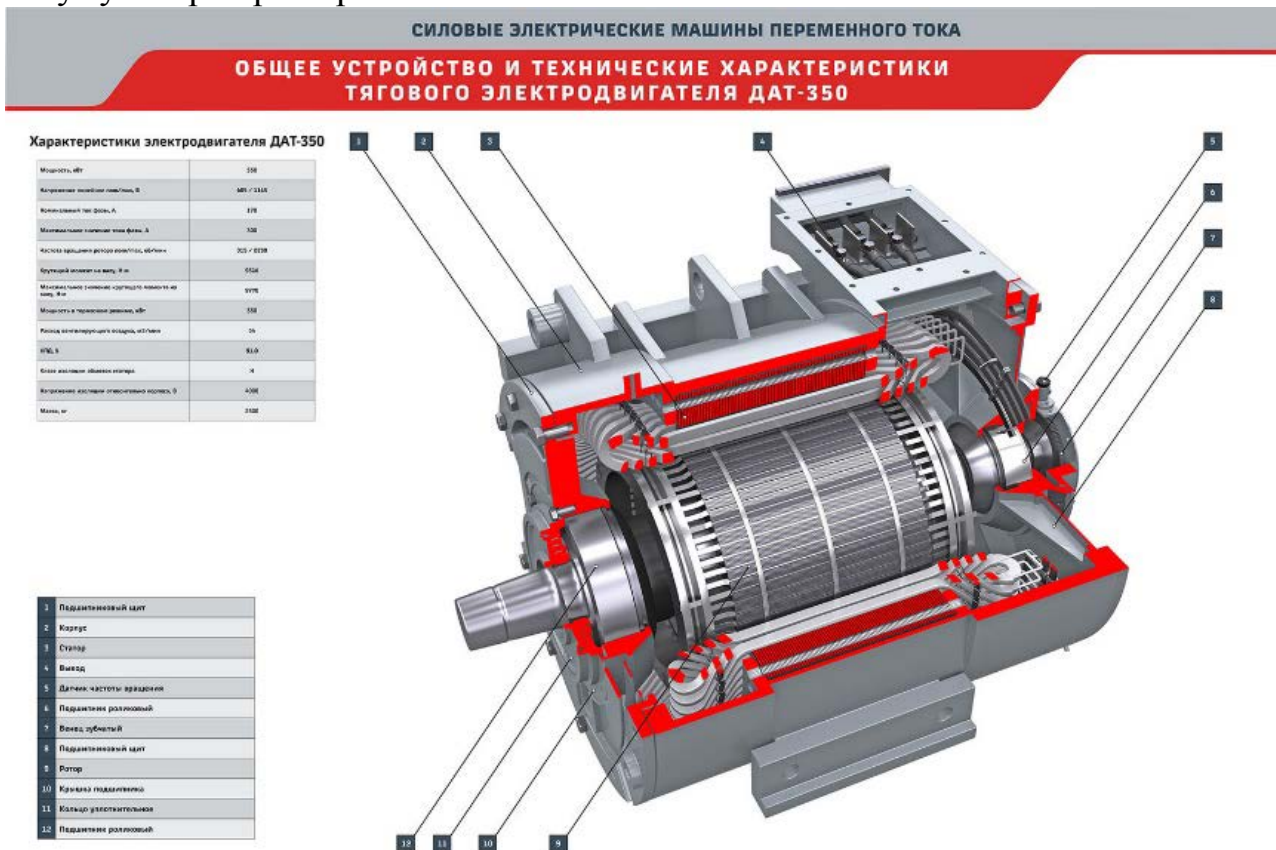


Рисунок 2 – Устройство и технические характеристики электродвигателя ДАТ-350

Электродвигатель состоит из обмотки статора и вращающегося ротора. Ротор приводится в движение магнитным полем и передает энергию на колеса. Существует два типа электродвигателей: синхронные, в которых магнитное поле вращается одновременно с ротором, и асинхронные, в которых магнитное поле вращается быстрее ротора.

Асинхронные двигатели питаются различной частотой переменного тока и, таким образом, изменяется скорость вращения колес простым нажатием на педаль акселератора автомобиля.

Виды электродвигателей

Электродвигатели разделяются по типу питания привода, конструкции щеточно-коллекторного узла или количеству фаз для запитывания:

Он зависит от типа источника питания, питающего привод. Агрегаты делятся на двигатели переменного и постоянного тока. Двигатели постоянного тока обеспечивают более точное и плавное регулирование скорости и более высокий КПД. Двигатели переменного тока полезны, когда требуется высокая

устойчивость к перегрузкам. Двигатели постоянного тока более эффективны и могут использоваться в широком спектре. Они подходят для погрузочно-разгрузочного оборудования. Однако существуют универсальные двигатели, которые могут работать на переменном и постоянном токе.

Благодаря конструкции щеточно-коллекторного узла. Двигатели могут быть бесколлекторными и коллекторными. Бесколлекторные двигатели работают за счет вращения ротора с помощью постоянных магнитов. В этой конструкции отсутствует щеточно-коллекторный узел. Такое решение гарантирует достаточный крутящий момент, широкий диапазон скоростей и высокий КПД. Важными преимуществами бесколлекторных двигателей являются надежность, самосинхронизация и возможность питания переменным напряжением. Ресурс бесколлекторных двигателей ограничен только ресурсом подшипников. В коллекторных двигателях используется щеточно-коллекторный узел. Он может использоваться и как переключатель тока в обмотках, и как датчик положения для ротора, что делает его удобным и устраняет необходимость в контроллере. Проблема коллекторных моделей заключается в том, что они полагаются на постоянные магниты. Постоянные магниты, к сожалению, известны тем, что со временем теряют свои характеристики.

По количеству фаз для питания. Электродвигатели могут быть однофазными или трехфазными, в зависимости от того, как подается питание на обмотки. В автомобильной промышленности распространены трехфазные электродвигатели из-за их многочисленных технических характеристик (мощность, перегрузочная способность, скорость вращения холостого хода).

Бортовое зарядное устройство преобразует переменный ток, поступающий от зарядного порта, в постоянный ток для зарядки тяговой батареи.

Контроллер силовой электроники – этот блок управляющий уровнем электроэнергии, поступающей от тяговой батареи, и регулирует скорость и крутящий момент, создаваемый тяговым электродвигателем.

Трансмиссия для электромобилей

Традиционно электромобили не оснащаются коробкой передач или карданным приводом, что позволяет электродвигателю эффективно работать в любом диапазоне скоростей. По этой причине в большинстве электромобилей рядом с инвертором устанавливается односкоростная коробка. Это позволяет автомобилю работать в режиме реверса, меняя только фазу, а также перенаправлять энергию торможения на подзарядку аккумулятора.

Тормозные системы электромобилей сложнее, чем у обычных автомобилей. Обычные автомобили эффективно замедляются при нажатии на педаль тормоза, а энергия торможения используется для нагрева тормозных колодок и дисков. В электромобилях электродвигатель используется в качестве генератора для зарядки аккумулятора. При отпускании педали акселератора электронная схема распознает, что магнитное поле на роторе замедлилось, и замедляет автомобиль. Педаль тормоза можно использовать только для полной остановки электромобиля. Это продлевает срок службы тормозов в среднем в три раза.

Системы охлаждения точно такие же, как и у обычных автомобилей.

Заключение

В заключении можно сказать, что в современном мире необходим переход на электродвигатели тягового типа, так как с уверенностью можно сказать, что они превосходят двигатели внутреннего сгорания по всем параметрам. Так же сильным фактом, является то, что по обслуживанию и техническому вопросу, электродвигатели намного проще устроены.

Литература

1. Устройство электромобиля [Электронный ресурс] / Технические отличия от обычного автомобиля. - Режим доступа: <https://efut.ru/a/134-ustrojstvo-jelektromobilja-tehnicaske-otlichija-ot-obychnogo-avtomobilja.html> – Дата доступа: 20.10.2022.
2. Устройство и принцип работы электромобиля [Электронный ресурс] / Плюсы и минусы электрокаров. - Режим доступа: <https://promdevelop.com/technologies/ustrojstvo-elektromobilya/>. – Дата доступа: 18.10.2022.
3. Устройство, принцип работы и подключения электродвигателей переменного тока [электронный ресурс] / Электродвигатели. - Режим доступа: <https://cable.ru/articles/id-1627.php> – Дата доступа: 18.10.2022.

УДК 621.311.243

**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ
HIGH EFFICIENCY SOLAR PANELS**

З.В. Мартынович, А.А. Середич

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

Белорусский национально технический университет, г. Минск

Z. Martinovich, A. Seredich

Scientific supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: Солнечные панели высокой эффективности, их устройство и принцип работы.

Abstract: Solar panels of high efficiency, their device and principle of operation.

Ключевые слова: солнечная панель, фотоячейка, фотоэлемент.

Keywords: solar panel, photocell.

Введение

Солнечные панели – это востребованный вид добывания электроэнергии. Человечество стремится уйти от ископаемого топлива и добывать энергию более экологически чистыми методами. В связи с этим многие ученые активно работают над созданием высокоэффективных солнечных панелей.

Основная часть

В основу создания солнечных панелей лёг гальванический эффект.

Фотогальванический эффект – это физическое явление возникновения электрического тока в проводнике под действием света. Данное физическое явление было открыто в 1839 году французским физиком Александром Беккерелем. В ходе своего опыта он выяснил, что, направляя свет на одну из двух пластин, погруженных в электролит, между ними возникает разность потенциалов, а в следствии этого – электрический ток.

Повешения эффективности солнечных панелей

Фотогальванический эффект заинтересовал ученых того времени, это давало возможность добычи энергии из света. Такая технология позволяла в будущем снизить цену на энергию. В результате чего начались разработки по созданию солнечных панелей. В 1953 году группа американских учёных заявили о замене жидкого электролита на пластины из кремния. Такая замена позволила увеличить КПД установки с 1,5% до 6%. С этого года появилось такое понятие, как солнечная панель. Всё дальнейшее развитие солнечных панелей – это постепенное увеличение эффективности данной разработки и адаптации ее использования в любых условиях и местности.

Устройство солнечных панелей

На сегодняшний день почти каждая солнечная панель утроена следующим образом (рисунок 1)

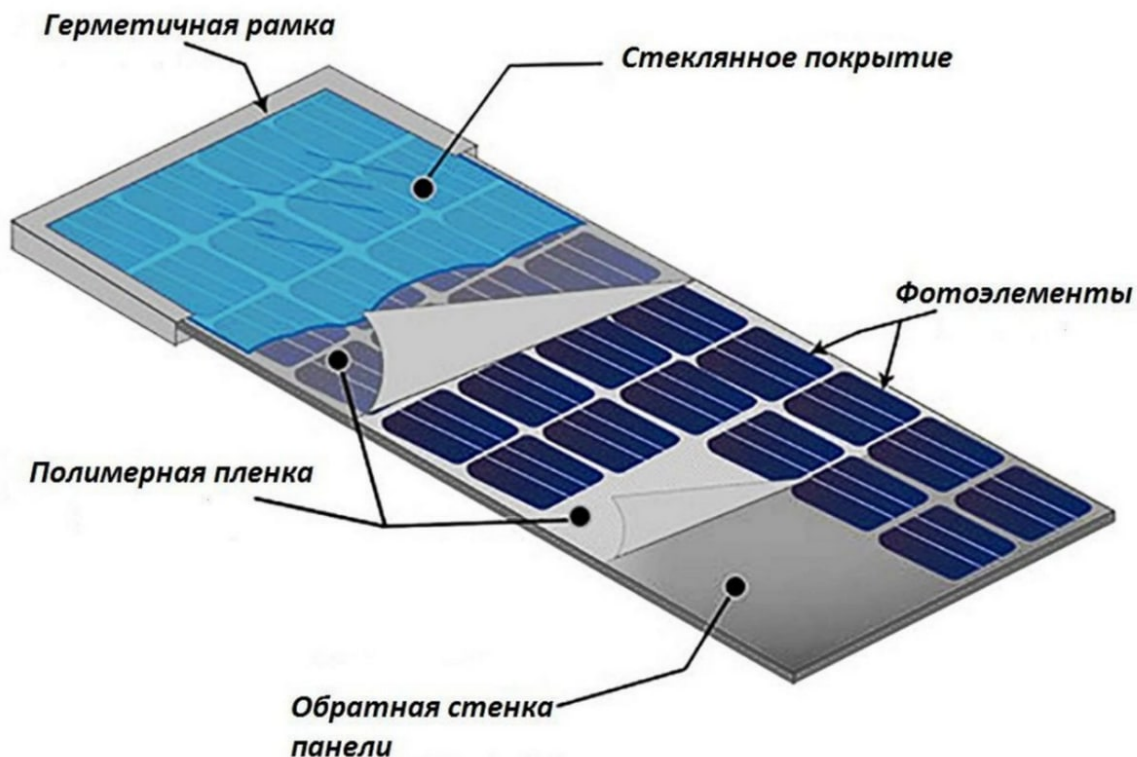


Рисунок 1 – Конструкция солнечной панели

Всё отличие солнечных панелей между собой заключается в разных фотоэлементах. Фотоэлементы бывают следующих видов:

Монокристаллические – фотоэлементы, выполненные из монокристалла кремния. Такое исполнение дает однородность кристаллической решетки, что существенно повышает ее эффективность и стоимость.

Поликристаллические – фотоэлементы, выполненные из множества отдельных кристаллов, полученных после производства монокристаллов. Данные фотоэлемента имеют средний КПД и меньшую стоимость.

Фотоэлементы из аморфного кремния – такие ячейки выполнены из отдельных не связанных между собой атомов кремния. Это технология производства фотоэлементов считается устаревшей и больше не применяется в силу очень низкого КПД [2].

Технологии применяемые в высокоэффективных солнечных панелях

В современном мире можно выделить 4 технологий, применяемых при производстве высокоэффективных солнечных панелей:

PERC (диэлектрический слой на обратной стороне ячейки).

С развитие PERC в 1999 г. был установлен долгосрочный рекорд эффективности преобразования энергии в 25% PERC представляет собой нанесение тонкой металлической пленки на заднюю стенку фотоэлемента. Это дает возможность задержки фотонов в ячейке и увеличивает шанс попадания фотона по электрону.

Multi Busbar – Многолинейные солнечные элементы

При такой технологии фотоэлемент имеет многоуровневую структуру, т.е. состоит из 5-12 слоев фотоэлементов, наложенных друг на друга.

Split panels – Новые половинчатые солнечные панели

В основе этой технологии лежит процесс уменьшения сопротивления ячеек с сохранением напряжения, путем деления их на более мелкие ячейки. Это делается для того, чтобы уменьшить силу тока в ячейках, а значит уменьшить их нагрев, который негативно влияет на КПД ячейки, за счет потерь энергии.

MLPE – оптимизаторы мощности

Технология представляет собой процесс добавления в солнечную панель оптимизаторов мощности постоянного тока. Оптимизаторы подстраивают оптимальное напряжение для выработки максимальной электроэнергии, в случае если панель загрязнена или затенена [1].

Заключение

Солнечные панели – это ключ в «зеленую» энергетику будущего. Они дают возможность получения энергии, как на земле, так и в космосе. Вследствие чего, такая технология получила широкое применение в науке и технике.

Литература

1. Солнечные панели [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mywatt.ru/poleznaya-informaciya/novye-tehnologii-v-proizvodstve-solnechnyh-batarej> – Дата доступ: 03.11.2022
2. Конструкция солнечных панелей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kaminia.ru/sistema-paneli-solnecnyh-batarej> – Дата доступ: 03.11.2022

УДК 62-83

**ЭЛЕКТРОПРИВОД АВТОМОБИЛЕЙ
ELECTRIC DRIVE OF CARS**

Н.В. Гарбуз, В.И. Каминская

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

N. Harbuz, V. Kaminskaya

Scientific supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье приведены разновидности электроприводов автомобилей.

Abstract: the article presents the varieties of electric drives of cars.

Ключевые слова: электропривод, электродвигатель, гибриды, электроавтомобили.

Keywords: electric drive, electric motor, hybrids, electric cars.

Введение

Огромное количество реализуемых вместе с поддержкой электропривода технологических действий устанавливает разнообразие ранее функционирующих, а также снова формируемых электроприводов. Друг от друга они отличаются степенью автоматизации, характером работы двигателя, применением.

Основная часть

Взаимодействие электрического двигателя с двигателем внутреннего сгорания (ДВС)

Для привода автомобиля разумно применяются электро- и бензодвигатели, а также используются его преимущества, чтобы достичь оптимального топливного расхода.

Исключительно электрические двигатели приводят машину при большой и малой скорости, так как здесь работает меньшая эффективность бензинового двигателя.

При обычном движении бензиновый двигатель работает на высоких мощностях. Его силы используются для того, чтобы привести колеса в движение, а также для того, чтобы вырабатывался ток. Ток может использоваться при работе электродвигателей или зарядке аккумулятора. Есть электроэнергия, которую накапливает аккумулятор (АКБ). Эту электрическую энергию получают при торможении или замедлении.

Электромобили не вредят окружающей среде, не вырабатывают вредных веществ в атмосфере. Основным фактором является то, как производится ток на электромобилях или водород на электромобилях с электрическим аккумулятором.

Электромобилям для движения не нужны смазочные вещества (только капли масла в подшипники). В связи с уменьшением полезных ископаемых (нефть), электропривод очень перспективен в будущем и настоящем.

Шум двигателя

В сравнении с бензиновым авто, а тем более с дизельным, электромобилям практически не нужна защита от шума, ведь двигатель работает очень тихо. Электромобили обладают более высоким КПД, нежели традиционные дизельные двигатели. По сути, электромобили больше используют энергию, предоставленную им, и эффективно относятся к энергоресурсам

Питание, или заряд электромобиля занимает больше времени. Батареи менее устойчивы к температуре и занимают больше места в сравнении с бензиновым и дизельным авто.

Электроавтомобили очень хорошо передвигаются по городу, но большие расстояния им преодолевать тяжело из-за недостаточно большой ёмкости АКБ и количества станций питания.

Аккумулятор состоит из взрывоопасных элементов. Меры предосторожности и правила техники безопасности должны быть превыше всего на таких авто.

Существует множество автомобилей с электрическим и гибридным приводами. Таких как BEV, NEV, PHEV, MNEV, EREV, FCEV. Но между ними весьма много отличий.

BEV (АККУМУЛЯТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ)

У данного типа автомобилей совершенно нет выбросов. Главным является электродвигатель, который приводит в действие авто. Также в авто нужны аккумуляторы, для связи двигателя с автомобилем. Для отличной управляемости такого автомобиля, их устанавливают чуть ниже пола, чтобы опустить центр тяжести. Преимуществом такого авто является оснащение розетками, для зарядки аккумулятора с помощью специального зарядного устройства (ЗУ).

NEV (ГИБРИДНЫЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ)

Такой тип автомобилей использует два двигателя первый электрический, второй ДВС. При начале движения и движения на малых скоростях используется электрический двигатель, а для быстрой езды, или движении в гору с увеличением нагрузки используется ДВС. Минусом является питание данного автомобиля. Батареи таких автомобилей заряжаются с помощью рекуперации (когда автомобиль движется и тормозит), без специальных внешних ЗУ.

PHEV (ГИБРИДНЫЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ С ПОДЗАРЯДКОЙ ОТ СЕТИ)

Тот же самый принцип работы, как и в предыдущем типе авто, только его можно оборудовать розеткой и зарядить от внешнего источника. Его отличие это увеличения долговечности батареи в сравнении с батареей предыдущего типа автомобиля.

MNEV (МЯГКИЙ ГИБРИДНЫЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ)

Принцип работы такой же, как и в двух предыдущих случаях, только в сравнении с гибридом NEV электродвигатель использует гораздо меньше мощности, снижая лишь расход топлива от ДВС.

EREV (ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ С УВЕЛИЧЕННЫМ ЗАПАСОМ ХОДА)

Этот тип автомобиля наоборот более мощный и берет на себя ведущим, а ДВС разгоняет авто, заряжая аккумуляторы.

FCEV (ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ НА ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ)

Данный привод, в котором водород вступает в реакцию с кислородом и тем самым вырабатывает электроэнергию.

Электродвигатели делятся также по типу питания:

Есть два типа питания электродвигателя это от постоянного и переменного тока. Контролирование плавности оборотов и высокий КПД обеспечивают двигатели постоянного тока. А высокую перегрузочную способность обеспечивают двигатели переменного тока. Такой тип питания используются больше на грузовых авто, или тягачах. Но есть и третий тип питания – универсальные, которые используют и постоянный и переменный ток.

Различия в конструкции щеточно-коллекторного узла.

Существуют коллекторные и бесколлекторные двигатели. Бесколлекторный мотор не имеет щёточно-коллекторного узла. Принцип его работ заключается в движении ротора с постоянным магнитом. Его основными плюсами является: высокий КПД, хороший крутящий момент, высокий спектр скоростей и надежность. Коллекторный мотор имеет щёточно-коллекторный узел. Он может извещать о положении ротора и переключать ток в обмотках. Минус таких двигателей в зависимости от постоянных магнитов, которые очень часто размагничиваются.

По количеству фаз

Электродвигатели могут быть однофазными и трехфазными. Чаще всего применяются трехфазные двигатели так, как они дают хорошую перегрузочную способность, высокую мощность и частоту вращения на холостом ходу.

Электродвигатели бывают также синхронные и асинхронные, которые питаются от переменного тока. Наиболее распространенный вариант – асинхронный двигатель (двигатель переменного тока). В данном двигателе частота вращения магнитного поля не совпадает с частотой вращения ротора. Данный тип двигателя с трехфазной обмоткой используется на популярных электрокарах компании Tesla. Более редкий тип использования двигателей синхронный. Синхронный – электродвигатель, у которого частота вращения магнитного поля равна частоте вращения ротора. Постоянный ток через контактные кольца и щетки подаётся на электромагнитные полюса ротора, тем временем полярность магнитов ротора постоянна, а полярность магнитов статора при этом изменяется, создавая вращающее магнитное поле заданной частоты, принуждая ротор вращаться с этой частотой. Главным преимуществом этого двигателя является максимальная производительность и возможность использования для рекуперации энергии при торможении. Данный тип двигателей использует компания Renault.

Заключение

Возможности использования электродвигателей на авто непосредственно объединены с тем, насколько стремительно будет совершенствоваться инфраструктура. Применение электрокаров пока сильно ограничено. Так, как при небольшой дальности пробега для автомобиля пока мало зарядных мест. На данный момент электромобили набирают популярность и за ними будущее.

Литература

1. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pro-sensys.com/info/articles/obzornye-stati/dvigatel-elektromobilya/> – Дата доступа: 03.10.2022
2. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lakkroll.ru/elektricheskiy-privod-avtomobilya-eto/> – Дата доступа: 03.10.2022
3. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://studref.com/359223/tehnika/elektroprivod_obschie_svedeniya – Дата доступа: 03.10.2022

УДК 621.43.044; УДК 621.31

**СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ, ГЕНЕРАТОРЫ И РЕЛЕ-РЕГУЛЯТОРЫ
АВТОМОБИЛЕЙ****IGNITION SYSTEMS, GENERATORS AND
RELAY-REGULATORS CARS**

Ю.А. Макаревич

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Yu. Makarevich

Scientific supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk*Аннотация:* в статье приведены разновидности систем зажигания, генераторов и реле-регуляторов, применяемых в автомобилях.*Abstract:* the article presents the types of ignition systems, generators and relay regulators used in cars.*Ключевые слова:* автомобиль, системы зажигания, генераторы, реле-регуляторы.*Keywords:* cars, ignition systems, generators, relay regulators.**Введение**

В любом современном автомобиле есть очень много различных узлов и агрегатов, которые, работая взаимосвязано, позволяют автомобилю ездить и полноценно функционировать. Сердце любого автомобиля его двигатель, однако, без определённых электрических узлов, не сможет работать не бензиновый двигатель, где роль поджигания топлива берёт на себя система зажигания при помощи электрической искры, не дизельный, где значение электронных систем также немаловажно, хотя и воспламенение топливно-воздушной смеси там происходит от сжатия. Далее мы рассмотрим системы зажигания, генераторы и реле-регуляторы автомобилей, их историю, устройство и предназначение, как основных составляющих электрической цепи автомобиля.

Основная часть

Системы зажигания автомобилей

Системы зажигания автомобилей делятся на два основных типа: контактные и бесконтактные [1]. Кардинальное различие в том, что на контактной системе момент искрообразования возникает в момент разрыва контактов-кулачков, а в бесконтактной системе момент искрообразования регулируется магнитным датчиком, либо электронным блоком управления [2].

Контактная система зажигания состоит из бегункового прерывателя-распределителя зажигания (трамблёра), приводимого в действие механическим вращением, конденсатора, высоковольтной катушки, высоковольтных проводов и свечей зажигания (рисунок 1). Генератор выдаёт напряжение порядка 15 В, однако напряжение на свечах зажигания может варьироваться от 5000 В до 25 000 В. Оно зависит от ряда факторов, а именно от ширины зазора между электродами свечи зажигания, электрического сопротивления свечи зажигания,

состава топливоздушная смеси, температуры свечи зажигания, нагрузки на двигатель и т.д. Контактные системы зажигания могут быть как с коммутатором электрического тока, так и без него. Коммутатор представляет собой специальное устройство, которое включается в цепь питания первичной обмотки катушки. Коммутатор выполняет функцию регулировки импульсов и по сигналу от управляющего блока разрывает питание первичной обмотки, что приводит к возникновению искры в зазоре между электродами свечи зажигания.

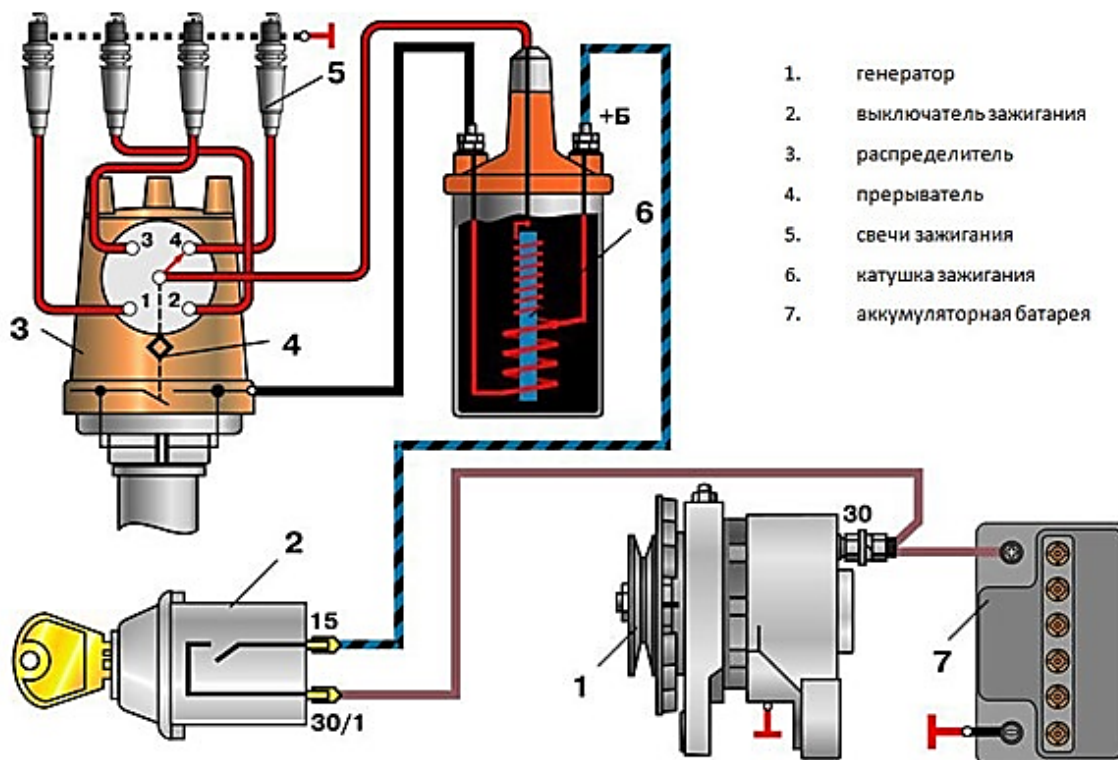


Рисунок 1 – Схема соединений контактного зажигания

Бесконтактная система зажигания является конструктивным продолжением контактно-транзисторной системы зажигания (рисунок 2). В данной системе зажигания контактный прерыватель заменен бесконтактным датчиком. Бесконтактная система зажигания стандартно устанавливается на ряде моделей отечественных автомобилей и практически повсеместно устанавливается на автомобилях зарубежных производителей, а также может устанавливаться самостоятельно вместо контактной системы зажигания. Все бесконтактные зажигания оборудованы коммутатором электрического тока для наиболее четкой и стабильной работы.

Несмотря на то, что бесконтактные системы зажигания сложнее контактных, они себя очень хорошо зарекомендовали и на данный момент применяются повсеместно, вытесняя архаичные контактные системы.

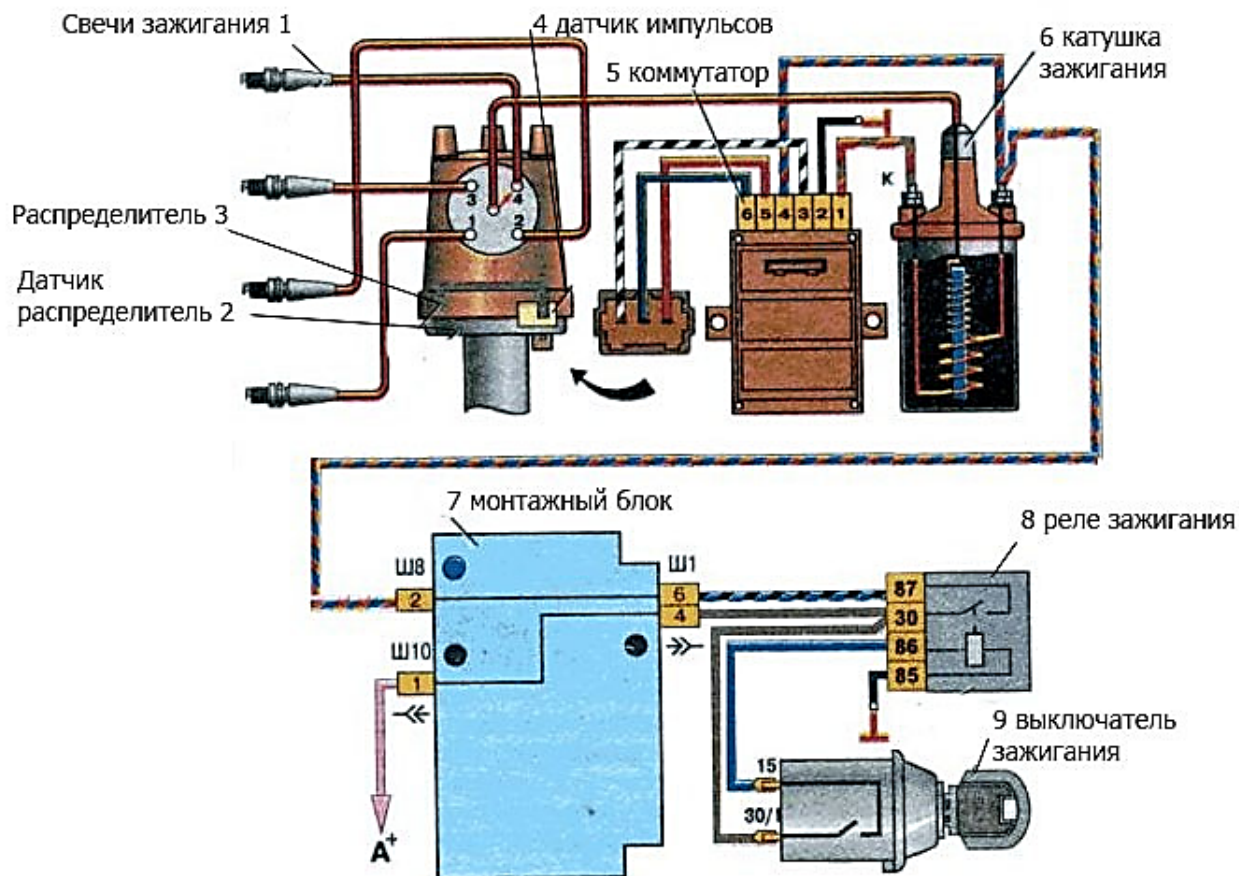


Рисунок 2 – Схема соединений бесконтактного зажигания

Автомобильные генераторы

Автомобильные генераторы служат для преобразования механической энергии вращения коленчатого вала в электрическую энергию для питания электропотребителей, таких, как: система зажигания, автомобильная светотехника, бортовой компьютер, система диагностики и другие, а также для заряда автомобильного аккумулятора [3]. Средняя мощность современного автомобильного генератора 1 кВт, чего достаточно для стабильной работы потребителей и постоянной зарядки аккумулятора во время работы двигателя. На первых автомобилях применяли коллекторные генераторы постоянного тока, коллекторный узел которых требовал постоянного контроля и частого обслуживания и, вдобавок, серьёзно ограничивал ток нагрузки. Такого типа генераторы ставились как на заре автомобилестроения на такие автомобили как Форд модель Т, так и вплоть до начала 60-х годов на такие автомобили как ГАЗ М20 Победа и ГАЗ 69 (рисунок 3).



Рисунок 3 – Генератор автомобиля Форд модель Т

Появление мощных диодных выпрямителей, вначале селеновых, а позднее кремниевых, позволило использовать на автомобиле синхронный генератор переменного тока, несравнимо более надёжный и примерно втрое менее тяжёлый и материалоемкий при той же мощности и более стабильном выходном токе [4].

В современных автомобилях применяются синхронные трёхфазные электрические генераторы переменного тока, а в выпрямителе применяют трёхфазный выпрямитель, тем самым современные автомобили уже "забыли" такие проблемы как слабая зарядка аккумулятора на холостых оборотах двигателя, а также слабый свет фар и подобного рода проблемы (рисунок 4).

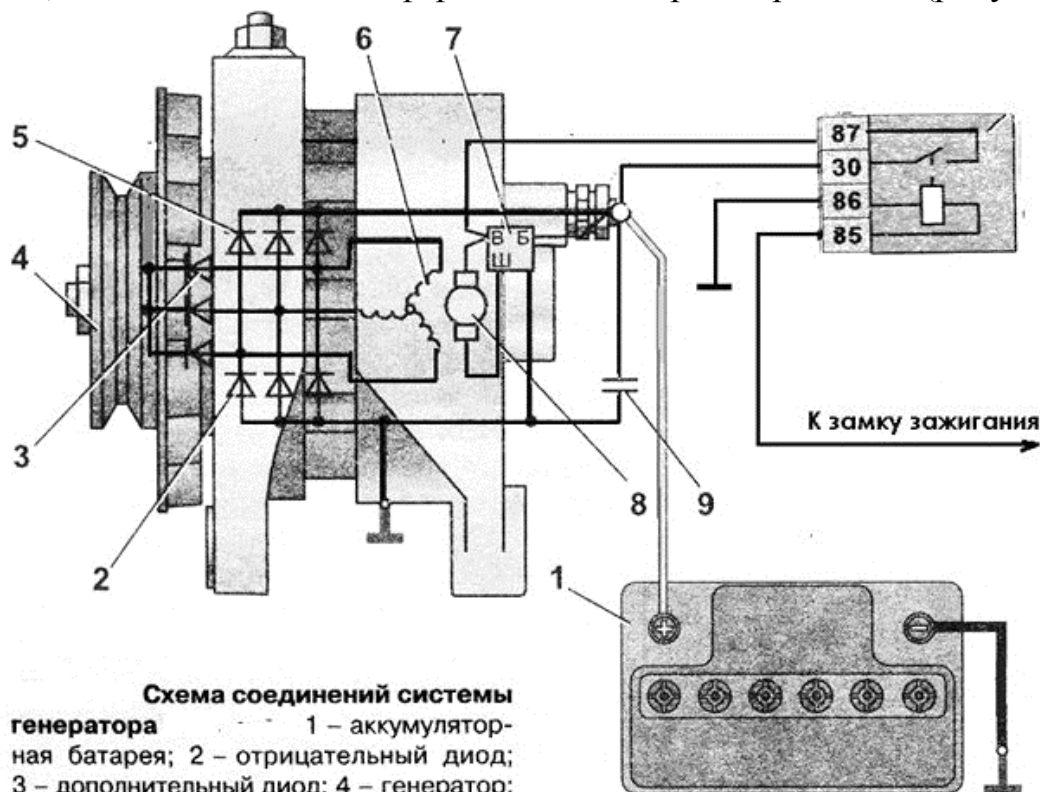


Схема соединений системы генератора
 1 – аккумуляторная батарея; 2 – отрицательный диод; 3 – дополнительный диод; 4 – генератор; 5 – положительный диод; 6 – обмотка статора; 7 – регулятор напряжения; 8 – обмотка ротора; 9 – конденсатор

Рисунок 4 – Схема соединений системы генератора

Автомобильные реле-регуляторы

Реле-регуляторы служат для автоматизации замыкания и размыкания определённых участков бортовой электрической цепи автомобиля [5].

По виду физических величин, на которые реагируют реле, они делятся на: электрические, механические, тепловые, оптические, магнитные, акустические.

Ещё не так давно в автомобилях широко применялись механические реле, которые собой представляли, по сути, датчик, реагирующий на изменение механических величин, чаще всего, таких как температура и вибрация [6]. Однако механические реле, несмотря на очень широкое применение, особой надёжностью не славились. Реле зарядки не всегда позволяли получить достаточное напряжение для зарядки аккумулятора на низких оборотах двигателя, что вызывало, в свою очередь, работу двигателя только от аккумулятора, вызывая его разрядку, что в дороге может вызвать затруднения в пользовании автомобилем.

Реле включения тока зарядки работали с достаточно большой задержкой, что было негативным явлением в его оптимальной работе (рисунок 5).

Это со временем повлекло вытеснение механических реле электронными реле. Работа электронных реле регулируется электронным блоком управления, работают они чётко, достаточно просты в изготовлении и о проблемах механических реле они позволили забыть в силу простоты и надёжности [7].



Рисунок 5 – Устройство механического реле

Заключение

В заключение можно сказать, что любой автомобиль, так или иначе, имеет электрической цепи. Как известно, роль электроники в нынешнее время очень возросла, особенно с появлением электронных блоков управления системами автомобилей, различных датчиков и контроллеров, систем повышения комфорта и др. С началом массового появления на рынке электромобилей роль автоэлектрики возросла в разы и в будущем будет лишь увеличиваться.

Литература

1. Система зажигания [Электронный ресурс] / система зажигания. - Режим доступа: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/category/sistema-zazhiganiya/>. - Дата доступа: 19.10.2022.
2. Батьянов, С.А. «Автомобиль «Волга» ГАЗ – 31029 и его модификации» // отв. ред. С.А. Батьянов. – 7-е изд. – Нижний Новгород: ОАО «ГАЗ», 1995. – 175 с.

3. Автомобильный генератор и его особенности [Электронный ресурс] / автомобильный генератор и его особенности. - Режим доступа: <http://elektrik.info/device/1283-avtomob/>. – Дата доступа: 19.10.2022.
4. Боровский, Б.Е. «Книга автомобилиста» // Б.Е. Боровский. – 3-е изд. – Л.: Лениздат, 1967. – 656 с.
5. Реле-регулятор напряжения генератора: строение, функции и проверка [Электронный ресурс] / реле-регулятор напряжения генератора: строение, функции и проверка. - Режим доступа: https://avto.pro/autonews/rele_regulyator_napryazheniya_generatora_stroenie_funkcii_i-20190301/. – Дата доступа: 19.10.2022.
6. Ершов, Б.В. «Легковой автомобиль ВАЗ – 2101 «Жигули» // Б.В. Ершов. – 2-е изд. – М.: Транспорт, 1974. – 110 с.
7. Краснов, А.А. «Автомобили мира» // А.А. Краснов. – М.: Аванта, 2004. – 184 с.: ил.

УДК 004.382.7+075.8

**МИКРОПРОЦЕССОРЫ В АВТОМОБИЛЯХ
MICROPROCESSORS IN CARS**

Г.А. Ильичев, А.А. Шляхтичев

Научный руководитель – Г.А. Михальцевич, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

G. Ilyichov, A. Shlyahtichev

Scientific supervisor – G. Mikhaltsevich, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

*Аннотация: микропроцессоры, датчики, типы, устройство, принципы работы.**Abstract: microprocessors, sensors, types, device, principles of operation.**Ключевые слова: микропроцессоры, электронный блок управления, датчики.**Keywords: microprocessors, electronic control unit, sensors.***Введение**

В наше время автомобили оснащены различными электронными системами. Развитие и достижения в сфере электроники и микропроцессоров позволили повысить надежность и безопасность автомобиля. Значительная роль использующихся электронных систем и микропроцессоров влияют на повышение активной и пассивной безопасности автомобиля. С 01.07.2004 автопроизводители не имели право поставлять на рынок автомобили без антиблокировочной системы, а вслед за этим автопроизводителей обязали оснащать автомобили подушками безопасности.

Основная часть

Электронные и микропроцессорные системы в автомобилях

Электронная система автомобиля – это система, с алгоритмом функционирования, который определяется принципиальной электрической схемой блока управления. Технически ЭБУ может быть выполнен на интегральных или дискретных радиоэлементах. Изменение работы системы невозможны без изменения электрической схемы

Микропроцессорная система автомобиля – это система, с алгоритмом функционирования, который определяется программой процессора ЭБУ.

Следовательно, такая система всегда имеет блок управления, основанный на микропроцессоре. Изменение работы системы нуждаются в изменении программы микропроцессора.

Микропроцессор – программное управляемое устройство, обеспечивающие процесс обработки цифровой информации и управление этим процессом, которое реализовано в одной или более больших интегральных схемах.

Микропроцессорная ЭВМ – ЭВМ, которая включает в себя полупроводниковую память, микропроцессор, средство связи с периферийными устройствами, блок питания, пульт управления. Все это объединено одной несущей конструкцией.

Существует несколько способ конструирования микропроцессорных ЭВМ из-за чего их можно разделить на:

- Одноплатные, т.е., что выполнены на одной плате.
- Однокристалльные, т.е., что реализованы на одном кристалле.
- Многоплатные, основная память располагается на одной плате с микропроцессором, а средства связи с периферийными устройствами расположены на другой.

Микропроцессорная система – измерительная, управляющая, информационная или же выполняющая другую функцию специализированная цифровая система, которая включает в себя микропроцессорную ЭВМ и средства сопряжения с объектом, который они обслуживают.

Программное обеспечение микропроцессорной системы – это совокупность программ, находящихся в памяти системы и реализующие алгоритм функционирования этой системы

Использование микросхем в датчиках:

Микропроцессор имеет дело с датчиками, которые выдают разную информацию такую как напряжение, частота, сопротивление и тому подобное.

Чтобы управление двигателем происходило правильно, нужно получать данные о массе воздуха, который поступает в цилиндры. Для этого используется датчики массового расхода воздуха. Существуют несколько разновидностей таких датчиков:

- Резистивные, с подогревом.
- Механические (измерение массы воздуха происходит по отклонению подпружиненной диафрагмы.)

Резистивные датчики с тремя проволоками имеют большее распространение. Они устроены таким образом, что одна проволока измеряет температуру входящего воздуха, оставшиеся две проволоки нагреваются до определённой температуры и после чего происходит их охлаждение за счёт воздуха, которых проходит через датчики. Расход воздуха определяется измерением электронной схемой мощности, расходуемой для поддержания нужной температуры. Сигнал в блок управления поступает как напряжение переменной частоты. Она измеряется от 2 кГц (малый расход) до 10 кГц (большой расход).

Датчик температуры охлаждающей жидкости это термистор, находящийся в потоке этой самой жидкости. Если температура достаточно мала то датчик будет иметь сопротивление 80 кОм, а если наоборот температура будет достаточно высокой, то сопротивление, например, равно 70 кОм. Измерение сопротивления происходит благодаря ЭБУ, вследствие чего, и происходит определение температуры жидкости для охлаждения

Существует так же датчик, который определяет положение дроссельной заслонки. Это потенциометр. Принцип его работы заключается в том, что на один конец поступает напряжение порядка 5 В, в то время как противоположный его конец является так называемой массой, то есть, соединен с корпусом автомобиля. Подача топлива может изменяться благодаря ЭБУ. Блок снимает показание напряжения, которое пропорционально углу поворота дроссельной заслонки, с ползунка и данные показания влияют на подачу топлива.

Масса топлива поступающего в цилиндры зачастую неизвестна из-за того что плотность бензина который мы заливаем в бензобак автомобиля очень часто разнится. Поэтому используется датчик под названием лямбда-зонд, который контролирует и определяет состав выхлопных газов, благодаря чему регулируется состав топливно-воздушной смеси. Принцип работы данного датчика обусловлен тем, что внутри зонда есть измерительный элемент, состоящий из трубочки из двуокиси циркония, та в свою очередь покрыта платиной. На этой трубочке происходит беспламенное горения СО (оксида углерода) в кислороде. В ходе этого процесса происходит нагрев термопары, из-за чего та меняет выходное напряжение.

В этом датчике есть нагревательный элемент, что бы он мог работать после запуска двигателя, Это связано с тем, что для работы ему необходима температура порядка 360 градусов. ЭБУ измеряет данные о напряжении и после чего изменяет объем топлива, которое подается в цилиндры.

Так как мы не можем быть уверены в октановом числе бензина, который мы заливаем в бензобак автомобиля, существует датчик детонации топлива. Принцип его работы заключается в том, что благодаря ему происходит фиксация детонации. Фиксация происходит из-за пьезокристаллической пластины. Датчик детонации регистрирует высокочастотные колебания и формирует импульсы напряжения. С повышением детонации амплитуда данных импульсов увеличивается.

ЭБУ благодаря этим сигналам меняет опережение зажигания, благодаря чему происходит устранение детонации топлива.

Управление микропроцессорами движением

Микропроцессоры так же используются в системах безопасности автомобиля, таких как АБС и АПС.

Антиблокировочная система считывает угловую скорость вращения колёс и, в случае резкого торможения, продолжает сохранять угловую скорость колес, как и до совершения поворота. Это помогает сократить тормозной путь до минимума, а так же помогает не потерять управляемость при резком или экстренном торможении.

Антипробуксовочная система в свою очередь предотвращает появление пробуксовки на ведущих колесах автомобиля. Данная система наиболее актуальна в дождливую либо снежную погоду, так как позволяет обеспечить наиболее эффективный старт автомобиля.

Так же в автомобилях применяется комплексная система управлением трансмиссии и двигателя. Благодаря данной системе происходит автоматическое переключение передач и уменьшается риск вывести из строя коробку передач, так как алгоритмами предусмотрены различные виды эксплуатации в разных условиях, например по городу или по трассе.

Управление микросхемами системами безопасности

В настоящее время автопроизводители стараются как можно сильнее повысить безопасность своих автомобилей. Повышение безопасности происходит не только конструктивными методами. К примеру, активной безопасности можно отнести натяжение ремней. Машина считывает

информацию, что с ней происходит и в случае резкого торможения или сноса ремни безопасности автоматически прижимают водителя и пассажира к сиденью. Так же не обошли стороной и подушки безопасности. Начали использовать акселерометры, блоки управления.

Сейчас в сиденье автомобиля вшито множество датчиков, благодаря которым автомобиль способен понимать, кто находится в сиденье, взрослый человек или ребенок, его массу, вследствие чего в случае аварии подушка безопасности раскроется с различной скоростью, чтобы не травмировать пассажира, а в случае его отсутствия не сработает вовсе.

Так же использование электроники в автомобилях поспособствовало улучшению электроприводов. Если раньше использовали коллекторные двигатели, то сейчас из-за невысоких цен на электронные схемы мы используем бесконтактные двигатели, которые превосходят коллекторные практически во всем. В том числе и потому что они управляются непосредственно микропроцессорами. Благодаря этому мы избавились от недостатков коллекторных двигателей, а именно использование трущихся контактов.

Заключение

Микропроцессоры достаточно широко распространены в автомобилях и являются его незаменимой частью. Благодаря микропроцессорам и электронике автомобили значительно повысили свою безопасность и позволяют сохранить жизнь своим владельцам. Благодаря электронике стало проще управлять автомобилем, многие процессы уже не контролирует человек, за него это делает автомобиль.

Литература

1. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://avtic.1c-umi.ru/лексиya_7_-_mikroprocessornye_sistemy_upravleniya_avtomobilya/. – Дата доступа: 19.10.2022.
2. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.itweek.ru/industrial/article/detail.php?ID=55319/>. – Дата доступа: 19.10.2022.

УДК 620.9

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ
APPLICATION OF ELECTROFILTERS IN INDUSTRY**

А.В. Казейка

Научный руководитель – О.А. Пекарчик, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Kazeika

Supervisor – O. Pekarchik, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье описаны причины применения электрофильтров в промышленности, принцип действия и их классификация. Рассмотрены стадии процедуры улавливания неоднородных смесей и различные случаи при осаждении пыли. Проанализированы возможности применения в Республике Беларусь.

Abstract: this article describes the reasons for the use of electrofilters in industry, the principle of operation and their classification. The stages of the procedure for capturing inhomogeneous mixtures and various cases of dust deposition are considered. The possibilities of application in the Republic of Belarus are analyzed.

Ключевые слова: электрофильтры, коронный разряд, пылеобразование, осадительные электроды.

Keywords: electrofilters, corona discharge, dust formation, precipitation electrodes.

Введение

В различных областях промышленности присутствует выделение в воздушное пространство комнат и в атмосферу различных веществ, которые отрицательно влияют на воздушную среду, а именно загрязняя её. В воздушное пространство поступают аэрозольные частицы (пылеобразование, смог), газы, пары, а также микроорганизмы и радиоактивные элементы [1].

Из многочисленного числа методов обеспыливания газов электрический способ очистки является наиболее эффективным, а электрофильтр – самым многофункциональным механизмом, т.к. сила, обеспечивающая улавливание пылеобразования, направлена напрямую к частице, которая несет в себе электрический заряд. В основе работы электрофильтров лежит использование различных законов физики.

Электрофильтры, в зависимости от отрасли промышленности, где они применяются, различаются по конструкции. Даже устройства, устанавливаемые в одной области промышленности, например, в теплоэнергетике, обязательно должны различаться по своим индивидуальным особенностям, вплоть до конструктивных отличий, обусловленных проектными, технологическими и режимными особенностями их работы.

Основная часть

Одним из неплохо показавших себя и многообещающим типом золоуловителей для крупных ТЭС являются электрофильтры, которые могут обеспечить высокую степень очистки газов при аэродинамическом

сопротивлении не более 150 Па практически без понижения температуры и без смачивания дымовых газов.

Электрофильтры – это устройства, предназначенные для очистки газов от аэрозольных, твердых или жидких частиц под воздействием электрических сил. Когда частицы проходят через электрофильтр, они заряжаются в поле коронного разряда. Под воздействием электрического поля заряженные частицы оседают на осадительных электродах. Коронный разряд – это разряд, при котором ударная ионизация электронами имеет место лишь в части у электродов [2].

Также широкое применение получило название пылеуловителя.

Процедуру улавливания неоднородных смесей в электрофильтре можно относительно разделить на несколько стадий:

- сообщение избыточного свободного электрического заряда взвешенным частицам;
- перемещение заряженных частиц к пространству электродов;
- оседание заряженных частиц на электродах;
- регенерация электродов, т.е. удаление с поверхности электродов уловленных частиц;
- удаление уловленных частиц из электрофильтра [2].

Считается, что процесс осаждения пыли в электрофильтре довольно сложный, ведь только небольшая часть пыли оседает на коронирующем проводе.

При улавливании проводящих частиц пыли их слой, оседающий на электроде, приобретает заряд с тем же знаком и отталкивается в поток газа. Если частицы – непроводимы, то они под действием силы электрического поля оседают на электрод и образуют плотный слой. Позже слой пыли, который заряжен отрицательно, создает преграду, отталкивая частицы с тем же знаком, которые приближаются к электроду, в результате он как бы противодействует основному электрополю [3].

Чтобы пылеобразование, которое собирается на электродах, не вызывало негативное воздействие, электроды стряхивают либо увеличивают проводимость пылеобразования, а именно распыляют жидкость в горячем газе до того времени, как оно попадет в электрофильтр, обеспечивая увлажнение.

Электрофильтры можно применять не всегда. Например, в случае, когда газ представляет собой взрывоопасную смесь или когда такая смесь может возникнуть в ходе технологического процесса, при работе электрофильтра существует вероятность появления искровых разрядов.

В исключительных случаях электрофильтры могут вводиться в условиях возможного образования напряженных сред, но тогда принимаются специализированные меры предосторожности, вводящие специальные конструктивные решения, автоматическое выключение электропитания при возникновении напряженных сред и др.

Классификация электрофильтров:

По назначению они делятся на:

- сухие аппараты;
- мокрые аппараты.

Сухие аппараты в свою очередь подразделяются на аппараты для улавливания проводящей пыли, аппараты для улавливания непроводящей пыли и аппараты для очистки горячих газов.

Мокрые аппараты делятся на два типа: те, которые осаждают туман и которые осаждают смолы.

По форме осадительных электродов:

- трубчатые устройства;
- пластинчатые устройства (вертикальный или горизонтальный фильтры) [3].

Несовершенствами электрофильтров, наряду с их высокой металлоемкостью и внушительными габаритами, являются высокая чувствительность процесса электрической очистки газов к отклонениям от стандартного режима (температура, влажность, объем газов и др.), а также к механическим дефектам в интенсивной зоне аппарата.

Заключение

Очистка воздуха имеет главнейшее санитарно-гигиеническое, природоохранное и экономическое значение. Поэтому электрофильтр является важной частью работы ТЭЦ.

Наилучшая область применения электрофильтров – очистка газа, как в больших, так и в малых объемах (исключительные случаи). Поэтому электрофильтры разной конструкции используются почти во всех отраслях промышленности, подбирая наиболее подходящие по свойствам, качеству и экономическим затратам.

Выраженной особенностью фильтров является чувствительность процедуры электрической очистки газов к отклонениям стандартного технологического режима от заданного проектного, к дефектам внутреннего оснащения, а именно невыполнение монтажных работ или неквалифицированным персоналом.

На сегодняшний день многие тепловые электростанции в Республике Беларусь используют электрофильтры, так как эффективность очистки высока и должна достигать от 99,95% до 99,99%, в отличие от рукавных фильтров. Необходимость очистки промышленных газов существует почти на каждом производстве.

Литература

1. StudFiles [Электронный ресурс]/ Характеристики аэрозольных выбросов в атмосферу. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9366235/page:2/#:~:text=В%20воздух%20поступают%20аэрозольные%20частицы,и%20ароматические%20углеводороды%2C%20соли%20кислот.> – Дата доступа: 07.11.2022.

2. Студопедия.нет [Электронный ресурс]/ Принцип действия электрофильтров. – Режим доступа: https://studopedia.net/19_105175_printsip-deystviya-elektrofiltrov.html. Дата доступа: 07.11.2022.

3. ENCE GmbH [Электронный ресурс]/ Электрофильтры. – Режим доступа: <https://oil-filters.ru/electrofilters/>. – Дата доступа: 07.11.2022.

4. Студалл.Орг [Электронный ресурс]/ Область применения электрофильтров. – Режим доступа: <https://studall.org/all2-134847.html>. Дата доступа: 07.11.2022.

СЕКЦИЯ ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ

Д.О. Маер

Научный руководитель – Л.А. Тарасевич, к.т.н., доцент

АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ НА АЭС

В.С. Баянкова, А.Д. Белозёрова

Научный руководитель – С.А. Качан, к.т.н., доцент

АНАЛИЗ АВАРИЙ С ПОТЕРЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

А.Ю. Жолнерович

Научный руководитель – И.А. Евсеенко, ассистент

ВОДОПОДГОТОВКА НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

А.Ю. Какорина, Е.В. Таранко

Научный руководитель – С.И. Ракевич, старший преподаватель

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИЗ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ ПОСРЕДСТВОМ УСТАНОВКИ «ТУРБОСФЕРА»

К.А. Мельник, Д.О. Маер

Научный руководитель – В.В. Кравченко, к.э.н., доцент

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ – СОЛНЕЧНЫЕ ОКНА

С.В. Черневич

Научный руководитель – В.В. Кравченко, к.э.н., доцент

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

М.Д. Сытая, М.Ю. Нагорнюк, Е.А. Грищенко

Научный руководитель – В.В. Кравченко, к.э.н., доцент

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ: УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ

М.Д. Сытая, М.Ю. Нагорнюк, А.А. Кожух

Научный руководитель – В.А. Романко, старший преподаватель

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГЕТИКИ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАКТЕРИЙ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

М.В. Колчин, А.А. Кожух

Научный руководитель – В.В. Кравченко, к.э.н., доцент

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА АЭС

К.О. Сенють

Научный руководитель – И.А. Некало, ассистент

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОЙ МЕМБРАНЫ KRISTAL ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Д.А. Степанов

Научный руководитель – В.А. Романко, старший преподаватель

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТИПОВЫХ ДВУХКОНТУРНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

М.В. Коршун

Научный руководитель – Г.Т. Кулаков, д.т.н., профессор

МЕТОДЫ СОКРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ В КОТЛАХ ПРИ СЖИГАНИИ ГАЗА И МАЗУТА

М.Д. Сытая

Научный руководитель – Л.А. Тарасевич, к.т.н., доцент

ПОПУТНЫЙ НЕФТЯНОЙ ГАЗ И ЕГО РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

А.И. Сироткин, Д.А. Степанов

Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель

ПРИМЕНИМОСТЬ ИСПАРИТЕЛЕЙ МГНОВЕННОГО ВСКИПАНИЯ НА ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

А.Ю. Жолнерович

Научный руководитель – И.А. Некало, ассистент

ПРОГРАММА ДЛЯ ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

З.В. Ковганов, А.Ю. Какорина

Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель

РЕГУЛИРУЕМЫЕ УПЛОТНЕНИЯ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУРБИНЫ

К.А. Мельник, Д.О. Маер

Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Д.А. Степанов, А.И. Сироткин

Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель

СПОСОБ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ТЕПЛОСЕТЕЙ

К.А. Мельник

Научный руководитель – Л.А. Тарасевич, к.т.н., доцент

ТЕПЛОВАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ НЕБОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ РЕНКИНА

З.В. Ковганов, Е.В. Таранко

Научный руководитель – Е.В. Пронкевич, старший преподаватель

ТЕПЛОВЫЕ ПОТОКИ В ТОПКАХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА

Г.В. Алимов, П.А. Болбас, А.Д. Яковенко

Научный руководитель – Н.Б. Карницкий, д.т.н., профессор

УДК 621.64

**АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ
HEAT STORAGE IN HEAT NETWORKS**

Д.О. Маер

Научный руководитель – Л.А. Тарасевич, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г.Минск

D. Maer

Supervisor – L. Tarasevich, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье рассмотрены способы аккумулирования теплоты в системе теплосетей центрального теплоснабжения.

Abstract: the article considers methods of heat storage in the system of district heating networks.

Ключевые слова: тепловые сети, аккумулирование, теплота, трубопроводы, пиковая нагрузка.

Keywords: in heating networks, storage, heat, pipelines, peak load.

Введение

Аккумулирование теплоты в период низкой нагрузки, путем применения схем с использованием теплоаккумулирующей способности в различных трубопроводах, может значительно повысить эффективность энергосистемы.

Основная часть

В настоящее время для работы системы центрального теплоснабжения применяют перегрев обратной сетевой воды. В ночное время, когда график тепловой нагрузки снижается, в целях экономии происходит аккумулирование теплоты.

Сети теплоснабжения неоднородны по своему назначению. Использование теплоаккумулирующей способности транзитных, магистральных и распределительных сетей может оказывать разное влияние на режимы работы источника теплоты и потребителя. Поэтому была предложена комбинированная выработка тепловой энергии на базе совместной работы ТЭЦ и пиковой котельной.

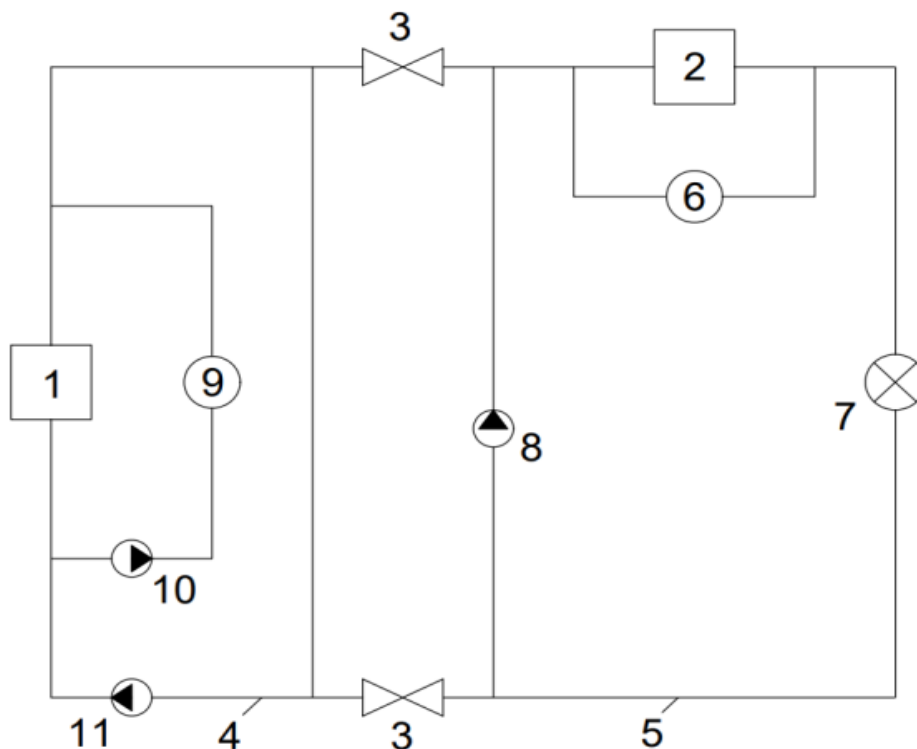
Добавление воды из обратной магистрали или догрев ее до определенной температуры позволяет поддерживать отопительный график – 150/70°C.

Эффективность работы системы теплоснабжения можно определить путем разбития отопительного сезона на периоды. Суть заключается в том, что в первый период возможна аккумуляция теплоты за счет перегрева воды на ТЭЦ, во втором же периоде пиковая котельная покрывает недогрев воды на основном источнике. Выбранный температурный график позволяет определить продолжительность данных периодов. Из-за похолодания растет нагрузка на источник теплоснабжения, вследствие чего количество накапливаемой теплоты в трубопроводах снижается.

Из-за того, что теплота сохраняется только на период времени, в течение которого вода проходит по магистрали, теплоаккумулирующая способность не

функционирует в полном объеме. Поэтому, схемы с использованием аккумуляции теплоты отдельно в отдающем и обратном трубопроводах носят характер одноциклового зарядки, что является их недостатком. Более целесообразно же будет применение схем с многоциклового зарядкой, когда накопление теплоты происходит в отдающем и обратном трубопроводах.

Схема с многоциклового зарядкой изображена на рис. 1. В ночное время нагрузка на энергоисточник падает, первый 4 и второй 5 контуры разделяются путем закрытия задвижек, нагрев воды основным 1 и пиковым 2 источниками не осуществляются. С помощью напорного насоса 8 вода циркулирует во втором контуре 5, нагреваясь основным водонагревателем 6, который покрывает тепловую нагрузку потребителя 7. Аккумуляция теплоты в первом контуре 4 осуществляется за счет аккумуляционного водонагревателя 9, который нагревает воду, циркулирующую за счет напора насоса 10. В конце пониженного графика тепловой нагрузки водонагреватели 6 и 9 отключаются, открываются задвижки 3, но основной 1 и пиковый 2 источники не включаются до тех пор, пока температура в первом контуре 4 не будет соответствовать значению температуры в основных трубопроводах. После уравнивания температур включаются источники 1 и 2.



1 – основной источник теплоты; 2 – пиковый источник; 3 – задвижки; 4 – первый (транзитный) контур; 5 – второй контур; 6 – водонагреватель; 7 – тепловой потребитель; 8, 10 – насосы режима аккумуляции и разрядки; 9 – аккумуляционный водонагреватель; 11 – сетевой насос

Рисунок 1 – Схема аккумуляции теплоты в транзитных тепломагистралях

В период максимальной нагрузки могут использоваться теплофикационные отборы турбины для ее покрытия. Применение данных схем позволяет отказаться от них. Также есть возможность использования аккумуляции теплоты

теплоты для генерации низкопотенциального пара, который будет направлен на выработку дополнительной энергии.

К слову, в ходе эксплуатации подобных схем могут возникать некоторые затруднения. Например, вследствие увеличения температуры воды в период зарядки, в отдающих трубах возникает растрата теплоты, в то время как понижение температуры, вызванное разрядкой, отрицательно влияет на работу системы вентиляции. Дабы быть осведомленным о понижении или повышении температуры в какой-либо точке магистрали, о чем будет сигнализировать запорная арматура, необходимо, чтобы весь процесс был автоматизирован. Однако в настоящее время почти все системы теплоснабжения не имеют достаточного уровня механизации. На данный момент механизация такого уровня не может быть применена в системе теплоснабжения, ввиду ее сложной реализации и значительных расходов.

Ухудшение технико-экономических показателей связано с увеличением расхода воды в период зарядки, что является существенным недостатком, так как может возникнуть потребность в увеличении диаметра трубопровода. Из-за высокой температуры появляется риск возрастания скорости появления наружной коррозии, что является эксплуатационным недостатком.

Заключение

Использование схемы аккумулирования теплоты в транзитных тепломагистралях имеет как достоинства, так и недостатки. Однако, не смотря на минусы, является достаточно эффективной, так как ее теплоаккумулирующая способность может быть направлена на покрытие пиковой тепловой нагрузки системы теплоснабжения или может быть использована для выработки дополнительной электроэнергии.

Литература

1. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения / Б.В. Яковлев. – Минск: Адукацыя і выхаванне. 2002. – 448 с.
2. Аккумулирование теплоты в тепловых сетях [Электронный ресурс]. Аккумулирование теплоты в тепловых сетях / Режим доступа: https://vuzdoc.org/132617/tehnika/akkumulirovanie_teploty_teplovyh_setyah. – Дата доступа: 11.10.2022.

УДК 621.39

**АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ НА АЭС
HEAT STORAGE AT NPP**

В.С. Баянкова, А.Д. Белозёрова

Научный руководитель – С.А. Качан, к.т.н., доцент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Supervisor – S. Kachan, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: приведены концептуальные требования повышения маневренности АЭС с ВВЭР. Рассмотрена схема с аккумулятором питательной воды высокого давления, а также схема с аккумулятором фазового перехода. Описаны особенности регулирования нагрузки с применением аккумуляторов теплоты.

Abstract: the conceptual requirements for increasing the maneuverability of NPPs with VVER are given. A scheme with a high-pressure feed water heat accumulator, as well as a scheme with a phase transition heat accumulator, is considered. The features of load regulation with the use of heat accumulators are described.

Ключевые слова: маневренность, разгрузка, аккумуляторы питательной воды, аккумуляторы фазового перехода.

Keywords: maneuverability, unloading, feedwater heat accumulators, phase change heat accumulators.

Введение

В условиях возрастания доли АЭС в энергетике стран актуальным является вовлечение таких электростанций в регулирование частоты и мощности в энергосистеме. Рассмотрим способ повышения маневренности АЭС за счет аккумулялирования теплоты.

Основная часть

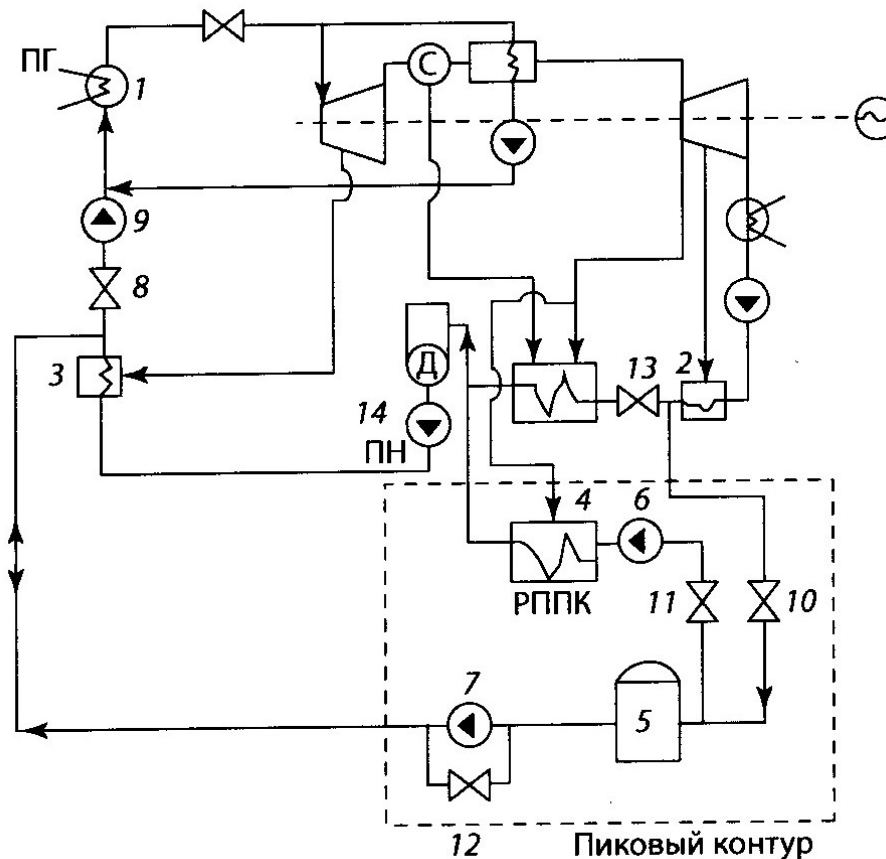
Для АЭС с ВВЭР требования к их маневренности сформированы в нормативных документах, нашли частичную реализацию в уже сооруженных, и более полную в проектируемых АЭС [1].

Приведем концептуальные требования повышения маневренности, обобщающие имеющийся зарубежный опыт [2]:

- обеспечение прохождения еженедельных провалов нагрузки в выходные дни и надежная работа на стационарных нагрузках до 50%;
- использование более совершенных систем регулирования мощности реактора по максимальному допустимому офсету активной зоны и другим параметрам;
- обеспечение надежности работы ТВЭЛов в плавнопеременных режимах без разрушающих взаимодействий топлива с оболочкой (ВТО);
- избежание попаданий в «йодную яму» при маневрировании – отравления ^{135}Xe – за счет совершенствования водно-борного регулирования и другими путями, в том числе применением регулирующих стержней разной эффективности.

Разгрузка АЭС – прямой способ участия в регулировании графиков нагрузки. Из косвенных путей, когда тепловая мощность реакторной части при следовании блока за нагрузкой сети не изменяется (или меняется сравнительно мало) наиболее реальными являются схемы с аккумуляторами питательной воды (АПВ) высокого давления, а также схемы с аккумуляторами фазового перехода (АФП).

На рисунке 1 представлена упрощенная схема с АПВ и пиковым контуром.



- 1 – парогенератор; 2 – ПНД; 3 – ПВД; 4 – РППК регенеративный подогреватель пикового контура; 5 – бак-аккумулятор; 6 – насос холодной воды ПК; 7 – насос горячей воды ПК; 8 – регулирующий клапан; 9 – насос второго подъема; 10, 11, 12, 13, – задвижки; 14 – питательный насос [2]

Рисунок 1 – Схема установки аккумулятора питательной воды высокого давления на АЭС

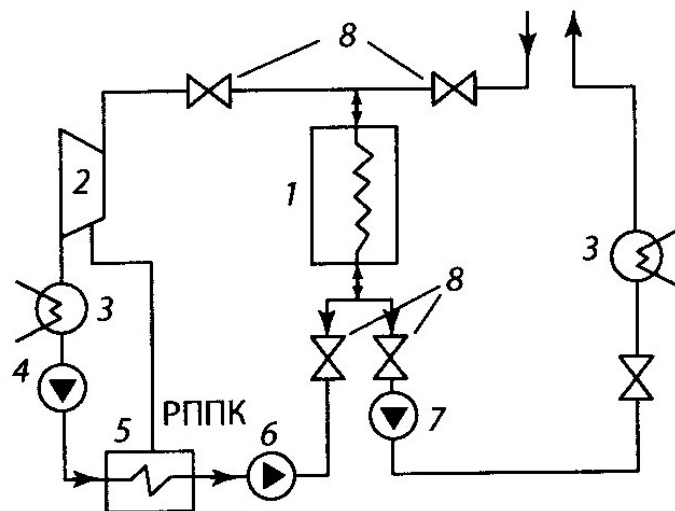
В периоды провалов нагрузки холодная вода из нижней части АПВ 5 насосом 6 прокачивается через регенеративный подогреватель пикового контура РППК 4 и поступает в верхнюю часть АПВ через деаэратор, питательный насос первого подъема, подогреватель высокого давления, линию байпасного питания (пикового контура), открытую байпасную задвижку 12. Задвижка 10 закрыта, задвижки 11, 12 и 13 открыты, насос 7 выключен. Из-за роста расхода греющего пара из отборов снижается электрическая мощность турбины.

При максимальной нагрузке регенеративная схема полностью отключается. Горячая вода из верхней части АПВ насосом подается на всас питательного насоса второго подъема 9 и далее в ПГ 1. Задвижка 10 открыта, задвижки 11, 12 и 13 закрыты. Высвободившийся регенеративный поток повышает мощность

турбины. Оптимальное число часов использования пикового контура в году от 500 до 1000 ч/год.

Схемы с разделенным хранением горячей и холодной воды надежнее, но дороже.

На рисунке 2 представлена принципиальная схема аккумуляции теплоты в аккумуляторах фазового перехода (АФП).



- 1 – аккумулятор фазового перехода (АФП); 2 – пиковая турбина; 3 – конденсаторы ПК;
4,7 – конденсатные насосы; 5 – регенеративный подогреватель пикового контура;
6 – питательный насос; 8 – задвижки [2]

Рисунок 2 – Схема пикового контура с АФП

В период минимальной нагрузки избыток тепловой энергии реактора отводится в АФП 1, где она аккумулируется в процессе плавления теплоаккумулирующего вещества (ТАВ).

В период максимальной нагрузки запасенная теплота передается рабочему телу в пиковый контур с турбиной 2. В пиковой турбине предусмотрена регенерация, что позволяет поддержать приемлемую температуру на входе в АФП для предотвращения сильного переохлаждения и кристаллизации ТАВ в период разряда. Требования к ТАВ для АЭС $t_{njl} = 200\text{--}250$ °С, высокая теплопроводность, теплоемкость, химическая стабильность, антикоррозийность, небольшие изменения объемов при фазовом переходе, пожаробезопасность, дешевизна, нетоксичность.

В данной схеме процесс заряда-разряда проходит при атмосферном давлении теплоаккумулирующего вещества и его постоянной температуре.

Вместе с тем, в последний период застывания ТАВ (например, отверждения LiNO_3 и др.) происходит снижение интенсивности теплообмена на участке «АФП – рабочее тело пикового контура», и, как следствие этого, плавное понижение параметров пиковой турбины («дрейф» параметров).

Заключение

Отметим при этом, что ни один из типов аккумуляторов, например, на Российских АЭС пока не внедрен в основном из-за проблем, связанных с необходимостью дополнительного обоснования безопасности по условиям больших течей во втором контуре [2].

Литература

1. АЭС с ВВЭР: режимы, характеристики, эффективность / Р.З. Аминов [и др.]. – М: Энергоатомиздат, 1990. – 264 с.
2. Региональная эффективность проектов АЭС / Под общ. ред. П.Л. Ипатова. – М: Энергоатомиздат, 2005. – 228 с.

УДК 629.039.58

**АНАЛИЗ АВАРИЙ С ПОТЕРЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ
ANALYSIS OF ACCIDENTS WITH LOSS OF COOLANT**

А.Ю. Жолнерович

Научный руководитель – И.А. Евсеенко, ассистент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Zholnerovich

Supervisor – I. Yevseyenko, assistant
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье рассматривается классификация аварий с потерей теплоносителя на АЭС с реакторами ВВЭР, детально рассматривается ход аварии с большой течью и ее воздействия на реакторную установку и гермообъем.

Abstract: the article discusses the classification of accidents with loss of coolant at WWER-type nuclear power plants, examines in detail the course of an accident with a large leak and its effects on reactor island.

Ключевые слова: авария, потеря теплоносителя, АЭС, ВВЭР, большая течь.

Keywords: accident, loss of coolant, nuclear power plant, VVER, large leak.

Введение

Спектр возможных размеров течей в ВВЭР лежит от малых течей до разрыва главного циркуляционного трубопровода (ГЦТ). Сценарии аварий с потерей теплоносителя (ЛОСА) варьируются в зависимости от размера течи, положения течи, типа реактора, производительности систем аварийного охлаждения активной зоны реактора (САОЗ), типа главного циркуляционного насоса (ГЦН) [1]. Тем не менее, общепринято классифицировать ЛОСА's в терминах размера течи и обсуждать отдельно влияние положения течи и других параметров.

Основная часть

Исходными событиями, являющимися причиной потери теплоносителя первого контура, могут являться [2]:

- повреждения первого контура (разрывы ГЦТ и трубопроводов систем, соединенных с первым контуром);
- ложное срабатывание оборудования первого контура (открытие клапанов компенсатора объема, открытие клапанов на линиях подпитки и продувки первого контура).

В зависимости от места возникновения течи, ее последующей возможной локализации и тяжести последствий течь возможна внутри гермообъема (ГО) и с выходом в окружающую среду, что приведет к более серьезным последствиям.

Общая классификация течей приведена в таблице 1.

Большие течи относятся к течам, возникающим внутри гермообъема.

Таблица 1 – Классификация течей [1]

Очень малая течь	Малая течь (до Ду100)		Большая течь (до 2хДу850)	
			Средняя течь	
Потеря теплоносителя компенсируется системами нормальной эксплуатации	Медленное снижение давления; после выбега ГЦН устанавливаются условия для разделения потока		Быстрое снижение давления, турбулентный гомогенный поток при истечении, быстрое открытие и восстановление активной зоны	
	Требуется второй контур для отвода тепла, чтобы снизить давление в первом контуре	Поток энергии из течи достаточно большой, чтобы снизить давление в первом контуре		

При разрыве крупных трубопроводов происходит быстрое падение давления первого контура, что может привести к нарушению работы оборудования. Потеря теплоносителя первого контура – это прямое следствие нарушения третьего барьера безопасности, что является прямой угрозой разрушения оставшихся барьеров: твэлы разрушаются вследствие их перегрева, а гермооболочка вследствие избыточного давления пара. При повышении температуры оболочек твэлов выше 700 °С происходит пароциркониевая реакция, вследствие чего происходит окисление циркониевого сплава, выделение тепла и водорода, и потеря твэлами механической прочности [3].

Если рассматривать большую течь, а именно разрыв трубопровода с двусторонним истечением теплоносителя, то характерными для нее явлениями будут:

- очень быстрое падение давления;
- значительная турбулентность потоков;
- практически однофазное истечение теплоносителя;
- практически полное дренирование первого контура.

Основные стадии аварии при большой течи:

- течь теплоносителя и оголение активной зоны;
- срабатывание систем защиты и повторное заполнение первого контура;
- повторный залив реактора;
- длительный отвод остаточных тепловыделений активной зоны.

Период истечения. При образовании разрыва происходит быстрое падение давления в контуре, имеющее динамику, близкую к гиперболической функции. Скорость падения давления зависит от времени, за которое происходит полный разрыв трубопровода, и от времени распространения звуковых волн в объеме первого контура.

В аварийной петле происходит опрокидывание циркуляции, а создаваемое разряжение приводит к вытеснению теплоносителя из рабочих петель.

В течение секунды после образования разрыва в активной зоне образуется пар, мгновенно снижающий мощность реактора вследствие слабой нейтронно-

замедляющей способности пара, и создающий трудности в обеспечении теплоотвода от разогревающихся оболочек.

Пиковой температуры оболочка твэла за время аварии с двусторонним истечением теплоносителя из ГЦТ достигает дважды:

- при истечении теплоносителя в течение приблизительно 20 секунд, когда уменьшается теплоотвод вследствие кризиса кипения (количество тепла, выделяемое топливом, превышает количество тепла, отводимого теплоносителем) и оголяется активная зона;
- при повторном заполнении первого контура, происходящего при срабатывании систем аварийной защиты, в момент снижения расхода теплоносителя через активную зону.

Увеличение температуры оболочек твэлов неоднородно по объёму активной зоны и зависит от выгорания топлива конкретного твэла и времени прохождения кризиса кипения на его поверхности.

По сигналам защитных систем срабатывает аварийная защита, запускается САОЗ, отключаются ГЦН и турбина, изолируется контайнмент.

Теплоноситель из реактора в первые секунды истекает с вдвое большей скоростью, чем от парогенератора. Восходящий поток в активной зоне кратковременно восстанавливается в момент начала двухфазного истечения и дополняется вскипанием теплоносителя в напорной камере реактора (НКР). Течение теплоносителя из горячих трубопроводов рабочих петель, дренирование компенсатора объема и парогенераторов поддерживают нисходящий поток в активной зоне.

Минимум уровня теплоносителя в реакторе достигается раньше окончания истечения в связи со срабатыванием САОЗ, расход от которой в какой-то момент начинает превышать расход течи.

Повторное заполнение контура. Период повторного заполнения определяется временем, в течение которого борный раствор гидроемкостей (ГЕ) САОЗ достигает НКР. Расход теплоносителя от ГЕ САОЗ первоначально значительно превышает расход от САОЗ высокого и низкого давления.

В течение этого временного интервала происходит падение и дальнейший рост температур оболочек, вследствие подачи и уменьшения со временем расхода борного раствора. Длительность этого периода по расчетам составляет около 20 секунд.

Повторный залив активной зоны. В момент достижения теплоносителем САОЗ активной зоны создается фронт охлаждения, генерирующий паровую подушку, создающую противодействие теплоносителю, заполняющему активную зону. Пар также создается вне активной зоны за счет передачи теплоты трубопроводов и оборудования первого контура и передачей тепла от второго контура, причем уменьшение давления в системе приводит к увеличению удельного объема пара в петлях. Теплоноситель, подводимый от САОЗ, уменьшает удельный объем пара, т.е. приводит к снижению давления в контуре.

При опустошении ГЕ САОЗ насосы САОЗ высокого и низкого давления подают теплоноситель для продолжения процесса повторного залива. Вода входит в активную зону и снижает температуру твэлов до температуры

насыщения, при этом часть пароводяной смеси охлаждает верхние уровни активной зоны.

В наиболее горячих областях активной зоны фронты охлаждения создают двумерные восходящие потоки, а в наиболее холодных периферийных областях жидкость падает вниз. При возрастании температур оболочек твэлов до 800–900 °С при наличии в них избыточного давления более 2 МПа, может произойти разбухание, деформация и нарушение герметичности твэлов, уплотняющие проходные сечения каналов течения теплоносителя, незначительно ухудшающие теплосъем. На свежих твэлах вероятность разрыва оболочки меньше вследствие малого давления газообразных продуктов распада (требуется температура более 1200 °С). При прохождении пароциркониевой реакции выделяется большое количество водорода, который может достигнуть взрывоопасной концентрации в объеме контейнента. Также в случае разрыва выделяется большое количество неконденсирующихся газов, азота из ГЕ САОЗ, газообразные продукты деления, в т.ч. инертные радиоактивные газы.

Повторный залив завершается около 100–150 секунд с момента появления течи, и сопровождается полным охлаждением активной зоны. После этого устанавливается баланс утечки теплоносителя и подачи от САОЗ. При долговременном охлаждении тепло отводится в контейнент, откуда оно передается в окружающую среду. Это является завершением состояния большой течи.

Воздействие большой течи на РУ и контейнент. Режим рассматриваемой аварии оказывает негативное воздействие на оборудование реакторной установки и контейнент. Падение давления в контуре создает скачкообразные градиенты давления в различных точках оборудования, что оказывает на оборудование разрушающее действие. Изменение режимов теплоотвода от топлива создаёт угрозу для протекания пароциркониевой реакции, разрушения оболочек твэлов и выхода в ГО большого объема водорода и радиоактивных газов. Выход в ГО большого объема теплоносителя с его последующим вскипанием создает избыточное давление, которое может нарушить герметичность контейнента и допустить выход большой активности в окружающую среду.

Заключение

Аварии с потерей теплоносителя являются одними из самых опасных проектных аварий, т.к. приводят к нарушению целостности твэлов, разрушению оборудования, выходу теплоносителя и активности в ГО (и, возможно, в окружающую среду). Большая течь в очень малое время способна оказать необратимые воздействия на реакторную установку, и ее сдерживание требует отлаженной работы совокупности защитных систем, работа которых частично рассмотрена в данной статье.

Литература

1. Уменьшение количества теплоносителя: большие аварии с потерей теплоносителя [электронный ресурс] / аварии с потерей теплоносителя. – Режим доступа:

<http://www.gidropress.podolsk.ru/files/publication/publication2011/documents/074.pdf> / . – Дата доступа: 05.10.2022.

2. Расчетное обоснование теплогидравлических характеристик реактора и РУ ВВЭР/ В.П. Спассков, Ю.Г. Драгунов [и др.]. – М: ИКЦ Академкнига, 2004. – 340 с.

3. Реакторные установки ВВЭР для атомных электростанций / В.П. Денисов, Ю.Г. Драгунов. – М: ИздАТ, 2002. – 480 с.

УДК 621.311.22

**ВОДОПОДГОТОВКА НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ
WATER TREATMENT IN THERMAL POWER PLANTS**

А.Ю. Какорина, Е.В. Таранко

Научный руководитель – С.И. Ракевич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Kakorina, E. Taranko

Supervisor – S. Rakevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: описание этапов очистки воды на тепловых электрических станциях. Сравнение различных методов водоподготовки.

Abstract: the description of the stages of water treatment at thermal power plants. Comparison of different water treatment methods.

Ключевые слова: теплоэлектроцентраль, теплоноситель, котел, обессоливание, фильтрация.

Keywords: combined heat and power plant, heat carrier, boiler, desalination, filtration.

Введение

Наряду с топливом важным компонентом производства на теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) энергии и тепла является вода. Её также в этом контексте называют теплоноситель. Чтобы защитить от накипи и коррозии оборудование станции и трубопроводы, по которым тепло пойдет к потребителям, вода проходит специальную подготовку.

Основная часть

Так как на ТЭЦ пар вырабатывается в котлах, где вода кипятится в непрерывном режиме, накипь не только увеличит расход сжигаемого топлива, но и приведет к быстрому износу котлу. Очевидно, что накипь опасна для оборудования ТЭЦ, поэтому очистка воды необходима. Кроме того, неочищенная вода ускоряет процесс образования ржавчины. Ржавчина в свою очередь трубы в котлоагрегате и сетях, по которым вода поступает к потребителям. Очищенный теплоноситель после всех стадий очистки получают в химическом цехе. Здесь вода, поступающая на станцию из водоема, например, реки, становится водой питьевого качества. Работа по получению такой чистой воды состоит из нескольких этапов.

На первом этапе происходит предочистка. В ходе предочистки из воды удаляются все взвешенные смеси, в том числе песок, ржавчина, органические примеси и нефтепродукты. Здесь используют механические фильтры и отстойники. Механические фильтры состоят из нескольких решеток из нержавеющей стали, которые ловят в воде твердые примеси. Сначала крупные примеси, затем средние, а в конце совсем мелкие. Механические фильтры могут использовать коагуляцию. Это позволяет очистить воду от вредных бактериологических примесей. Сегодня используют неорганические коагулянты и органические полиэлектролиты или флокулянты. После такой грубой очистки

вода выходит прозрачной на глаз, но в ней все еще присутствуют соли жесткости и растворенные газы.

Следующий этап – ионообменное обессоливание, здесь вода потеряет растворенные в ней соли, этап проходит с помощью специального фильтра. Вообще, на данном этапе используются термический, мембранный и электродный метод [1]. Самый распространенный, надежный и наиболее отработанный метод – ионообменная фильтрация. Она производится с использованием ионообменных смол. Растворимые в воде соли диссоциируют с образованием катионов и анионов.

На заключительном этапе очистки происходит деаэрация – из воды удаляют растворенные в ней газы, кислород, водород, углекислый газ. Это необходимо, поскольку присутствие газов в теплоносителе способствует образованию ржавчины, а это разрушает оборудование станции и теплотрассы. Если не удалить эти газообразные примеси, то это приведет к окислению металлических элементов котельного оборудования и образованию коррозии. В процессе нагрева воды при постоянном давлении происходит выделение растворенных газов. Температура постоянно увеличивается, а когда она доходит до кипения, концентрация газов поэтапно снижается до минимума. То есть в итоге вода полностью освобождается от агрессивных газов. После всех точно проведенных этапов очистки в химическом цехе получается дистиллированная вода, готовая для подачи в котлы.

Заключение

Таким образом, водоподготовка на тепловых электрических станциях гарантирует безразличие водной среды по отношению к материалу, из которого произведены различные трубопроводы, контактное оборудование и узлы. Все этапы водоочистки должны быть верно проведены, а методы водоподготовки должны быть правильно скомбинированы. Всё это обеспечит высокую производительность и максимально большой срок эксплуатации технологического оборудования, котлов.

Литература

1. Водоподготовка. Физико-химические основы процессов обработки воды: учебное пособие / В.А. Карелин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 97 с.
2. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления: справочник / Ю.М. Кострыкин, Н.А. Мещерский, О.В. Коровина. – М: Энергоатомиздат, 1990. – 248 с.

УДК 621.499.4

**ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
ИЗ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ ПОСРЕДСТВОМ УСТАНОВКИ
«ТУРБОСФЕРА»****INNOVATIVE TECHNOLOGY OF ELECTRICITY GENERATION FROM
SECONDARY RESOURCES THROUGH
THE «TURBOSPHERE» INSTALLATION**

К.А. Мельник, Д.О. Маер

Научный руководитель – В.В. Кравченко, к.э.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г.Минск

K. Melnik, D. Maer

Supervisor – V. Kravchenko, Candidate of Economic Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье рассмотрены инновационный способ получения экологически чистой электроэнергии, путем использования турбогенераторной установки, устанавливаемой на газораспределительной станции.

Abstract: the article discusses an innovative way to obtain environmentally friendly electricity by using a turbine generator set installed at a gas distribution station.

Ключевые слова: инновация, турбогенераторная установка, газоснабжение, чистая электроэнергия, аккумуляция энергии.

Keywords: innovation, turbine generator set, gas supply, clean electricity, energy storage.

Введение

В середине 2000-х годов, в Беларуси стали активно использовать технологии и оборудование для получения электроэнергии из возобновляемых источников, таких как: солнечные батареи и ветряки. Однако использовать весь потенциал данных возобновляемых источников не представляется возможным из-за климатических особенностей нашей страны. Из-за этой причины в Беларуси почти 95% вырабатываемой энергии производится с использованием природного газа. При транспортировке газа из России на тепловые станции в Беларуси, повышают давление газа в трубопроводе до 50–60 ата, но конечный потребитель использует природный газ с давлением примерно 1 ата. Поэтому около больших электрических станций строят газораспределительные станции или ГРС, а также газорегуляторные пункты – ГРП, на которых происходит постепенное снижение давления газа, до необходимых параметров. При этом энергия, которая образуется при понижении давления газа, обыкновенно рассеивается в окружающую среду. Для уменьшения данных потерь энергии, совсем недавно, в 2018 году был предложен проект «ТурбоСфера», который может аккумулировать энергию, при уменьшении давления газа в газопроводе.

Основная часть

Установка «ТурбоСфера» предназначена для выработки электроэнергии путем преобразования потенциальной энергии избыточного давления газа в электрическую энергию. Данная установка устанавливается на

газораспределительных станциях (ГРС), газорегуляторных пунктах и установках (ГРП и ГРУ). «ТурбоСферу» устанавливают параллельно регулятору давления газа на ГРС, также для увеличения КПД (коэффициент полезного действия) аккумуляции потенциальной энергии избыточного давления, их могут устанавливать по несколько установок на ГРС, принципиально размещая их последовательного или параллельно друг другу. Кроме того данная установка может быть использована для работы не только в газопроводах природного газа, а также для утилизации давления попутного нефтяного и других видов газа.

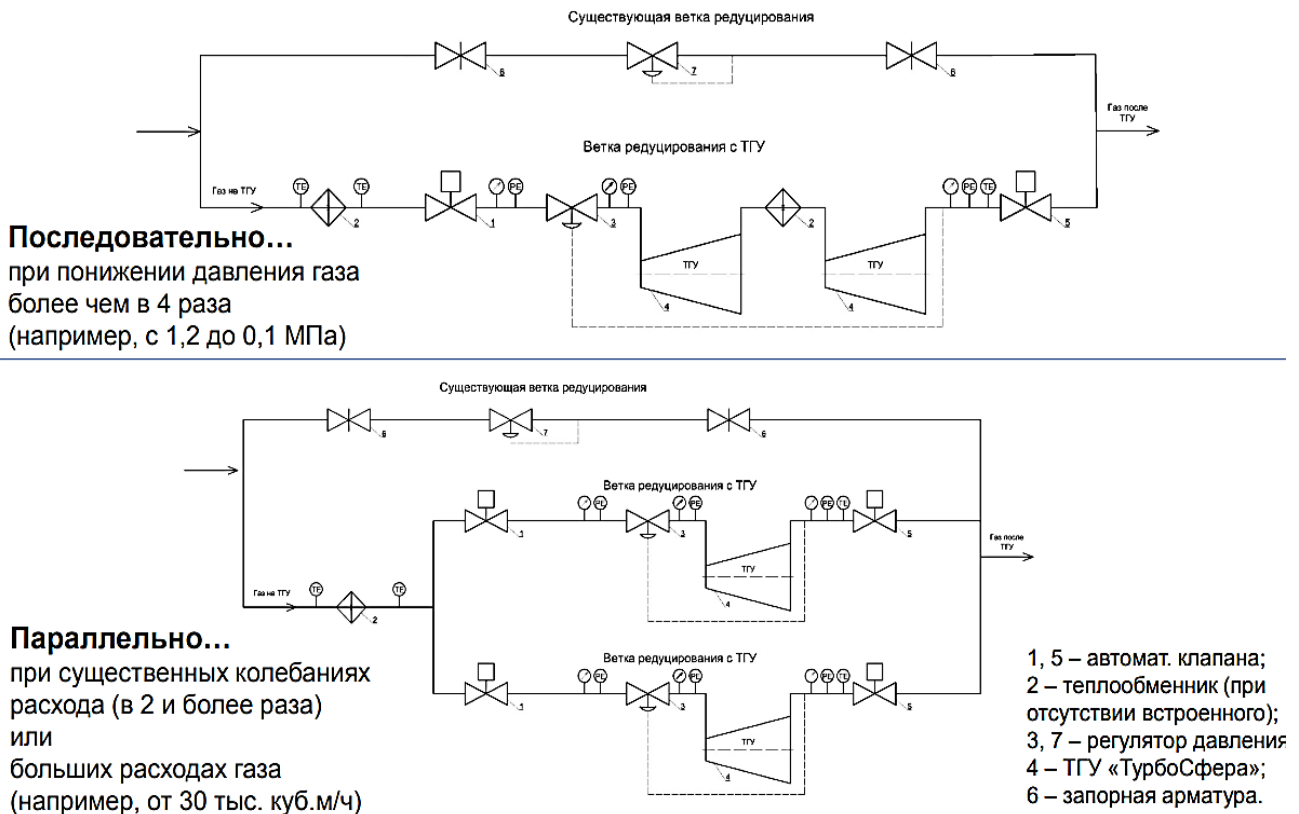


Рисунок 1 – схемы с применение турбогенераторной установки «ТурбоСфера»

Основными элементами турбогенераторной установки (ТГУ) являются:

- Корпусные элементы. Данные элементы разрабатываются и изготавливаются по нормам ГОСТ для оборудования, работающего под избыточным давлением.
- Внутренние узлы турбогенератора. Изготавливаются из высококачественных конструкционных материалов, при контроле качества на всех этапах сборки установки.
- Электрика, САУ, ПО. Применяются только сертифицированные и зарекомендовавшие себя производители электрического оборудования. ПО разрабатывается с использованием собственных технологических алгоритмов.

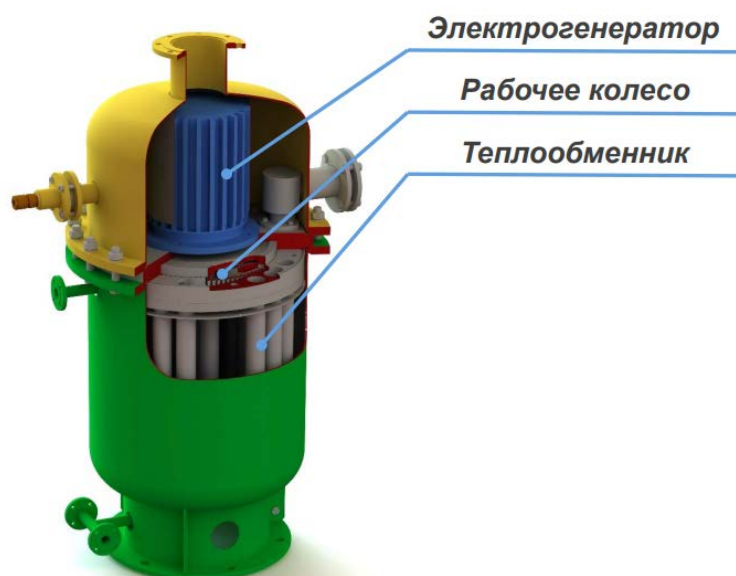


Рисунок 2 – разрез ТГУ «ТурбоСфера»

Инновационность данной системы заключается в том, что в корпусе одной установки разработчики совместили одновременно теплообменник, турбину и электрогенератор. У турбины установленной в ТГУ «ТурбоСфера» низкая частота вращения, что позволило сделать данную установку автономной, без постоянного наблюдения обслуживающего персонала.

Данная установка позволяет вырабатывать электроэнергию с помощью вторичных ресурсов, без потребления топлива. С помощью данной установки можно решить одну из актуальных проблем газоснабжения – это автономность энергоснабжения удаленных объектов. С использованием данной технологии возможно получать на каждую тысячу кубометров природного газа, примерно 10 кВт·ч электроэнергии. С помощью ТГУ «ТурбоСфера» можно компенсировать до 15% электроэнергии затрачиваемой на собственные нужды промышленных предприятий, а также обеспечить на 100% электроснабжение в газораспределительных станциях (ГРС), что делает возможность постройки таких ГРС на значительном удалении, от линии электропередач.

Таблица 1 – Основные технические характеристики ТГУ

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1	Максимально рабочее давление, МПа	0,6/1,2/5,4/6,3
2	Номинальное рабочее давление газа, МПа	0,2–6,3
3	Номинальное выходное давление газа, МПа (абс)	0,01–1,2
4	Расход газа при номинальном режиме нагрузки, нм ³ /час	1250
5	Диапазон расхода газа, нм ³ /час	500–40000
6	Температура рабочей среды за ТГ, не ниже °С	0
7	Рабочее давление теплоносителя, не более, МПа	0,4
8	Температура теплоносителя на входе в ТГ, не менее, °С	30
9	Генерируемая электрическая мощность, кВт	5–400
10	Номинальное напряжение, кВ	0,4
11	Номинальная частота, Гц	50
12	Номинальная синхронная частота вращения вала ТГ, об/мин	3000
13	Система автоматического управления	На базе ПЛК

Отличие ТГУ «ТурбоСфера» от турбодетандеров и детандер-генераторных установок, заключается в том, что данная установка может работать в достаточно широком диапазоне давлений и расходов транспортируемого газа. Сохраняя при этом качество производимой электроэнергии, и являясь относительно недорогой установкой с минимальными затратами на техническое обслуживание.

Превосходство данной технологии:

- возможность ее применения на большинстве существующих объектов газоснабжения, без существенной модернизации;
- экологически чистый источник электроэнергии;
- высокая эффективность и быстрая окупаемость;
- надежность и минимальное техническое обслуживание;
- независимость от импортных комплектующих.

Заключение

Установка данных ТГУ увеличивает технико-экономические характеристики предприятия, путем преобразования энергетических потерь на транспортировку газа из пункта выработки в пункт использования.

Литература

1. ТурбоСфера [Электронный ресурс] / ТурбоСфера. – Режим доступа: <https://ts.energy/turbogeneratornye-ustanovki-turbosfera> – Дата доступа: 28.09.2022.
2. Проект «ТурбоСфера» – инновационность и актуальность [Электронный ресурс] Проект «ТурбоСфера» – инновационность и актуальность /– Режим доступа: <http://park.bntu.by/park-news/proekt-turbosfera-innovacionnost/> – Дата доступа: 28.09.2022.

УДК 620.9

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ –
СОЛНЕЧНЫЕ ОКНА
INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE ENERGY SECTOR –
SOLAR WINDOW**

С.В. Черневич

Научный руководитель – В.В. Кравченко, к.э.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

S. Chernevich

Supervisor – V. Kravchenko, Candidate of Economic Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: солнечные окна в качестве перспективного использования энергии в различных местах, ранее недоступных для солнечных панелей.

Abstract: solar window as a promising use of energy in various places previously inaccessible to solar panels.

Ключевые слова: солнечные окна, солнечные панели, перспектива, энергия.

Keywords: solar window, solar panels, perspective, energy.

Введение

В последнее время особую популярность приобрела тема зеленой энергетики и возобновляемых источников, что весьма неудивительно, ведь запасы ископаемых источников энергии постепенно иссякают. Поэтому многие исследователи заинтересованы в разработке новых технологий получения зелёной энергии и в совершенствовании уже существующих.

Один из перспективных способов получения энергии из возобновляемых источников – солнечные панели. Однако в современном мире слишком мало свободного места для установки достаточного количества панелей. При этом в городах предостаточно домов, следовательно, и окон, которые как раз таки и могут стать сборщиками солнечной энергии (рис. 1).



Рисунок 1 – Потенциальное место для размещения солнечных окон

Основная часть

Способ получения солнечных окон поистине уникален. На сегодняшний день существует 2 технологии изготовления. Суть первой состоит в том, что на внутреннюю поверхность окна наносят жидкий состав, который после высыхания при низкой температуре превращается в пленку и отражает световой поток на оконную раму. Затем встроенные солнечные элементы преобразуют энергию солнца в электричество, которое распределяется по сети дома. Эффективность этой технологии составляет лишь 2,5–10%. Но при этом стоимость солнечной составляющей составляет всего 10–30% от стоимости окна. Однако главным преимуществом пленочной технологии является то, что в темное время суток, когда солнце уже село, окно способно вырабатывать электроэнергию из включенного в помещении света.

Сущность второй – это непосредственно окно, которое генерирует энергию. Оно дороже, однако, гораздо эффективнее. Суть технологии заключается в фотовольтахемии, соединенной с теплоотражающим напылением. Вживлённые в стекло люминесцентные солнечные концентраторы (ЛСК) превращают его в солнечную батарею. А она поглощая солнечную энергию и направляет ее на микроэлементы. ЛСК имеют ряд преимуществ. В частности, при определенных настройках они могут собирать свет только с определенной длиной волны, игнорируя остальные. Продукт является долговечным и устойчивым к погодным явлениям. ЛСК отлично подходят для различных размеров стекол. Таким образом, мы имеем окно, которое генерирует электроэнергию, обеспечивает достаточную прозрачность окна и теплопередачу. Главной причиной, мешающей внедрению в массовое производство, является недостаточный КПД. На данный момент он составляет лишь 1,9% при необходимых 6% [1].

Главное достоинство этой инновации – небольшая первоначальная стоимость и экономное использование. По предварительным подсчётам такие окна способны достаточно быстро окупиться: требуется от одного года до пяти лет для возмещения затраченных на его производство средств. Технология производства солнечных окон по отношению к производству солнечных панелей гораздо дешевле и эффективнее. Приятным бонусом является то, что люди смогут себя обезопасить от периодических отключений электроэнергии [2].

Однако главным недостатком продукта является то, что на данный момент разработчики смогли добиться только 80% прозрачности готового стекла. Но если посмотреть на это с другой стороны, то окна автоматически получаются с эффектом затенения, что является безусловным плюсом для местности с большим количеством солнечных дней.

Стоит отметить, что данные технологии достаточно универсальны. Так, сегодня уже существуют жалюзи, которые следят за солнцем и производят электроэнергию, сохраняя при этом комфортную температуру в помещении. Также в будущем пленку можно использовать для экранов телефонов либо крыш дорожного транспорта.

Заключение

Еще десять лет назад солнечную энергию никто не воспринимал всерьез и не считал конкурентоспособной, а уже сегодня доказано, что это самый дешевый вид электроэнергии.

Хоть солнечные окна ещё не достигли пика своего применения, на примере солнечных панелей мы видим, насколько быстро способна развиваться эта инновация.

Таким образом, эта технология достаточно перспективна для недорогого и широко распространенного использования солнечной энергии на различных площадях, ранее недоступных. Это действительно большой шаг на пути к жизни в энергосберегающем мире.

Литература

1. Солнечные окна изменяют мировой рынок [Электронный ресурс] / солнечные окна изменяют мировой рынок. – Режим доступа: <https://www.oknamedia.ru/novosti/solnechnye-okna-izmenyat-mirovoy-rynok-47122>. – Дата доступа: 16.10.2022.
2. В мире стартовали солнечные окна [Электронный ресурс] / в мире стартовали солнечные окна. – Режим доступа: https://dzen.ru/media/iap_zts/v-mire-startovali-solnechnye-okna-61e188917056d91a5706c17c. – Дата доступа: 17.10.2022.

УДК 621.311

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ РЕСПУБЛИКИ
БЕЛАРУСЬ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ
INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE ENERGY SECTOR
OF THE REPUBLIC OF BELARUS IN THE MODERN CONDITIONS**

М.Д. Сытая, М.Ю. Нагорнюк, Е.А. Грищенко
Научный руководитель – В.В. Кравченко, к.э.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
M. Sytaya, M. Nagornyuk, E. Hryshchenko
Supervisor – V. Kravchenko, Candidate of Economic Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в данной статье рассматривается процесс формирования экономической независимости Республики Беларусь: в сфере атомной энергетики, ее достоинства и недостатки, перспектива и возможность реализации замкнутого ядерного цикла в современных условиях.*

***Annotation:** this article discusses the process of formation of the economic independence of the Republic of Belarus. In the field of nuclear energy, its advantages and disadvantages, the prospect and possibility of implementing a closed nuclear cycle in modern conditions.*

***Ключевые слова:** отработавшее ядерное топливо, переработка, реактор.*

***Key words:** spent nuclear fuel, recycling, reactor.*

Введение

Развитие инновационных технологий является двигателем прогресса, тем без чего современное общество не сможет существовать. Термин инновация находит отражение в понятиях изобретение и открытие.

Изобретения – это новые приборы, механизмы, инструменты и другие приспособления, созданные человеком. Открытие – процесс получения ранее неизвестных данных или наблюдение ранее неизвестного явления природы. Таким образом перейдем к термину инновация. Инновации – это создаваемые человеком новые или усовершенствованные технологии, виды новой продукции и услуг. Они способствуют развитию экономики, созданию её новых отраслей и вносят вклад в создание единого рынка.

Под понятием «современные условия» мы рассматриваем:

- Мировой финансовый кризис.
- Условия санкционного давления.

Основная часть

В Республике Беларусь существуют пятилетние государственные программы. Целью которых являются формирование наукоёмкой экономики путем обеспечения научных, экономических и геополитических интересов республики. Развитие инновационных технологий в энергетике обеспечивается государственной программой «Наукоёмкие технологии и техника».

Государственная программа на 2021–2025 года включает в себя семь подпрограмм, одна из которых: «Научное обеспечение эффективной и

безопасной работы Белорусской атомной электростанции и перспективных направлений развития атомной энергетики».

В современных условиях для экономического развития Республики Беларусь важным является стремительный научно-технологический рост. Главным толчком во внедрении инноваций в жизни людей являются инновационные структуры, которые включают в себя: 17 научно-технологических парков, 7 центров трансфера технологий, Белорусский инновационный фонд и другие. Данные объекты инфраструктуры созданы не только для повышения функциональной осведомленности граждан, но и являются стартом для вывода произведенных товаров и услуг на новые рынки и новый уровень.

В Республике Беларусь начинает активно набирать обороты такое успешное направление как технопарки, целью которых является создание и продвижение научно-технологической продукции, вывод ее на внешний рынок.

Однако помимо создания технологических парков и развития экоэнергетики перспективным направлением является атомная энергетика. Важным этапом в совершенствовании экономики Республики Беларусь стало строительство атомной электростанции. Это значит, что энергетическая отрасль страны вышла на новый уровень, стала независимой (сократили импорт нефти и газа) и более безопасной.

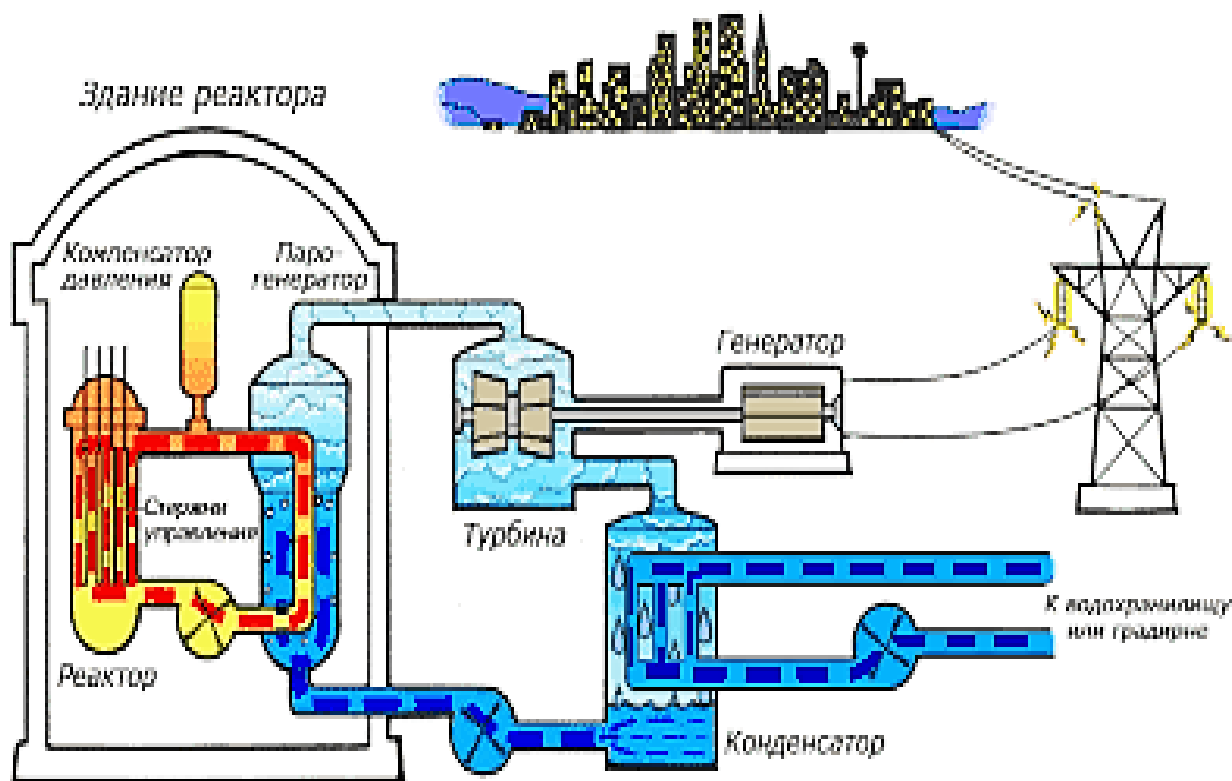


Рисунок 1 – Схема АЭС

Перейдем к достоинствам и недостаткам атомной электростанции.

Достоинства атомных станций:

- минимальное количество вредных выбросов;
- возможность вторичного использования топлива при условии его

- переработки;
- большая выработка электроэнергии;
- низкая себестоимость электроэнергии.

Недостатки атомных станций:

- трудность в переработке и хранении ОЯТ;
- большой ущерб экологии и жизни последующих поколений в следствии аварии;
- требует больших финансовых вложений на ее постройку и в дальнейшем ликвидацию;
- требует подготовки высококвалифицированных специалистов в данной сфере, в связи с высокими рисками на производстве;
- налагание бремени на последующие поколения в связи с осуществлением контроля за отработавшими радиоактивными отходами.

В отличие от классических топлив, которые используются на ТЭС, на АЭС применяется ядерное топливо. Под термином ядерное топливо понимаются вещества, которые используются для осуществления цепной ядерной реакции деления. Однако важно отметить, что ядерное топливо в чистом виде в реактор не подается. Для начала осуществляется добыча урановой руды и ее первичная переработка в сухой урановый концентрат. Но в качестве ядерного топлива применяется не чистый уран, а его оксид, представляющий собой коричневатый, почти черный порошок, который в последующем прессуется в топливные таблетки и формирует топливные элементы – ТВЭЛы.

После реактора ядерное топливо обладает высокой радиоактивностью и высоким тепловыделением, имеет изношенные ТВЭЛы и ТВС и так далее.

Первый этап по снижению активности ОЯТ проходит еще на станции, в специальных хранилищах – бассейнах выдержки. Спустя некоторый период активность ОЯТ спадает и появляется возможность его транспортировки и переработки.

Учитывая даже то, что ОЯТ прошло полный цикл в ядерном реакторе и было «выдержано» в бассейнах в нем сохранились полезные элементы:

- уран;
- плутоний и др.

Извлечение данных элементов и называется процессом переработки.

В результате переработки был создан новый вид топлива – РЕМИКС топливо. Процесс заключается в добавке к выделенным регенеративным урану и плутонию обогащенного урана, что позволяет увеличить количество делящегося материала, за счет деления не только урана, но и плутония.

Для возможности вторичного использования переработанного ОЯТ на АЭС используется реактор на быстрых нейтронах. Регенеративный уран может быть использован не только в качестве подпиточного топлива для поддержания реакции, но и в качестве основного в данном реакторе.

Заключение

Исходя из всего выше сказанного можно утверждать, что переработка отработавшего ядерного топлива является перспективным направлением для

минимизации ущерба экономики в современных условиях. В нынешних реалиях это находит отражение в использовании реактора на быстрых нейтронах, но при условии запланированного строительства второй БелАЭС решение может заключаться в замыкании ядерного топливного цикла. Замыкание цикла подразумевает использование реакторов разного типа, работающих на регенеративном смешанном уран-плутониевом топливе, таким образом ядерное топливо превратится в возобновляемый ресурс. При использовании изложенной теории население будет снабжено относительно дешевой электроэнергией, что позволит энергетике Республики Беларусь стать экономически независимой.

Литература

1. Переработка отработанного ядерного топлива [Электронный ресурс] / ядерное топливо. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/588877/>. – Дата доступа: 03.10.2022.
2. Судьба отработавшего ядерного топлива с БелАЭС [Электронный ресурс] / ядерное топливо. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/news/nuclear/482705-belarus-opredelilas-chto-budet-delat-s-otrabotavshim-yadernym-toplivom-s-belaes/>. – Дата доступа: 29.09.2022.

УДК 621.311

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ:
УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ
INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE ENERGY SECTOR:
UV DISINFECTION OF WATER**

М.Д. Сытая, М.Ю. Нагорнюк, А.А. Кожух

Научный руководитель – В.А. Романко, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск,

M. Sytaya, M. Nagornyuk, A. Kozhukh

Supervisor – V. Romanko, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** обеззараживание воды УФ-излучением имеет частое применение в промышленности, медицинских учреждениях, а также частными пользователями. Преимуществами данной обеззараживающей установки являются автоматический режим работы, не требующей постоянного контроля, полное удаление микроорганизмов из воды и отсутствие добавления реагентов, что упрощает конструкцию, повышает надёжность и обеспечивает приемлемую стоимость качественных изделий.*

***Annotation:** disinfection of water ultraviolet radiation is often used in industry, medical institutions, as well as private users. The advantages of this disinfection unit are the automatic mode of operation, which does not require constant monitoring, complete removal of microorganisms from the water and the absence of the addition of reagents, which simplifies the design, increases reliability and ensures an acceptable cost of high-quality products.*

***Ключевые слова:** ультрафиолетовое излучение, обеззараживание, очистка.*

***Key words:** ultraviolet radiation, disinfection, cleaning.*

Введение

Развитие инновационных технологий является двигателем прогресса, тем без чего современное общество не сможет существовать. Термин инновация находит отражение в понятиях изобретение и открытие.

Изобретения – это новые приборы, механизмы, инструменты и другие приспособления, созданные человеком. Открытие – процесс получения ранее неизвестных данных или наблюдение ранее неизвестного явления природы. Таким образом перейдем к термину инновация. Инновации – это создаваемые человеком новые или усовершенствованные технологии, виды новой продукции и услуг. Они способствуют развитию экономики, созданию её новых отраслей и вносят вклад в создание единого рынка.

Под понятием «современные условия» мы рассматриваем:

- Мировой финансовый кризис.
- Условия санкционного давления.

Основная часть

Рассмотрим основы УФ обеззараживания воды более подробно. Как известно, в живых организмах за хранение и передачу информации,

функционирование и программу развития отвечает ДНК. А именно до нуклеиновых кислот, таких как ДНК и РНК, через стенки живой клетки проходит ультрафиолетовое излучение. Это и является основой метода обеззараживания воды. ДНК и РНК в данном методе являются своего рода катализаторами излучения, т.е. поглощают его. Результатом поглощения является неспособность клеток к размножению, так как её репродуктивная способность клетки без деления не осуществима.

Основная часть установки для УФ обеззараживания воды представляет из себя ртутную лампу. Пары ртути в лампе находится под определенным давлением, этим давлением и определяется длина волны. В зависимости от установленного давления лампы подразделяются на три типа:

- высокого давления;
- среднего давления;
- низкого давления.

На сегодняшний день чаще всего применяют лампы низкого давления, так как они обеспечивают длину волны 260 нм, энергоемкие и имеют длительное время пользования.

УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ

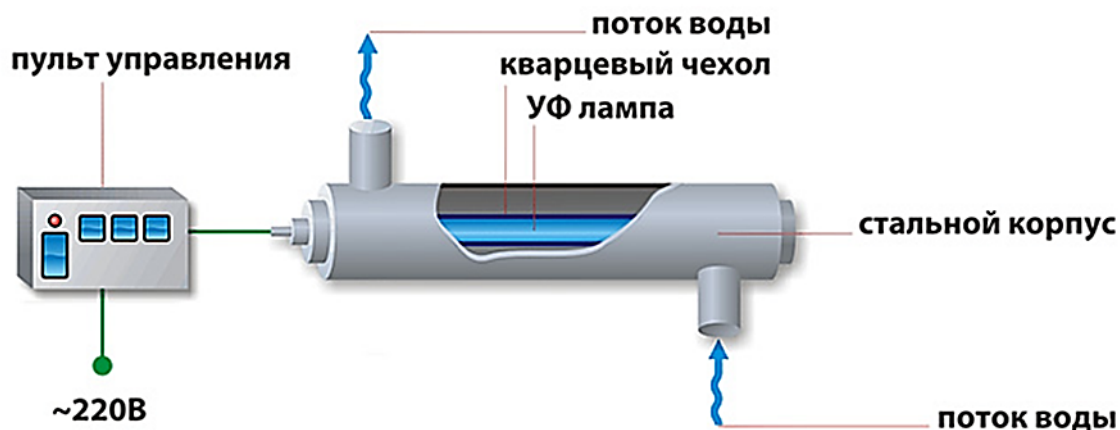


Рисунок 1 – Установка ультрафиолетового обеззараживания воды

Достоинства данной установки:

- доступная цена;
- эффективность;
- мгновеннодействующий;
- энергоемкие;
- не требует добавления каких-либо реагентов;
- простота;
- длительное время пользования;
- экологичность.

Недостатки:

- является не первичным этапом очистки, а служит для более глубокой и качественной отчистки;
- в случае неполного обеззараживания, т.е. при небольшой дозе облучения, выжившие микроорганизмы способны к дальнейшему размножению, следствием чего является повторное заражение воды.

Параметры эффективности данной обеззараживающей установки.

Компоненты, препятствующие прохождению лучей и образующие твердые отложения, т.е. налёт на лампах: мутность, солесодержание, жёсткость, растворённое железо и взвесь.

Их повышенное содержание приводит к торможению эффекта обеззараживания. Рассмотрим зависимость плотности от температуры воды: при снижении температуры, повышается плотность воды. Из чего можно сделать вывод, что способность прохождения лучей также снижается.

Скорость пропускания и объем воды.

Обязательным условием работы установки являются ее способность контролировать расход воды, уходящей на очистку.

Доза прохождения ультрафиолетовых лучей.

Перечень параметров, влияющих на дозу:

- выработка ламп;
- производительность ламп;
- качество воды и др.

В зависимости от перечня этих параметров, производится подбор обеззараживающей установки так, чтобы оно соответствовало ГОСТам, очищаемой воды.

Кварцевые чехлы и лампы.

Во избежание загрязнения ламп, время от времени применяют:

- химическую промывку;
- механическую очистку.

Заключение

Исходя из выше сказанного подведём итог: ультрафиолетовое излучение, как метод очистки воды, по сравнению с другими более эффективен, менее затратный, имеет долгий срок эксплуатации, не наносит вред здоровью, даже при повышении дозы излучения. Ключевую роль в УФ-излучении играет непосредственно лампа. Её задача состоит в уничтожении различных бактерий и микроорганизмов, которые, потеряв способность к размножению, погибают. Однако следует отметить и недостатки технологии: необходимо контролировать дозу излучения, чтобы погибли все бактерии и микроорганизмы, не позволяет устранить химикаты и очистить озёрную или болотную воду, т.к. слишком большое загрязнение, также фильтр не справляется с большим количеством воды.

Литература

1. Очистка воды ультрафиолетом [Электронный ресурс] / УФ фильтры. – Режим доступа: <https://goroogomel.by/prochee/ochistka-vody-ultrafioletom-podrobno-ob-uf-filtrah-dlya-vody.html>. – Дата доступа: 05.10.2022.
2. Особенности обеззараживания воды ультрафиолетовым методом [Электронный ресурс] / ультрафиолетовый метод. – Режим доступа: <https://filter-tver.com/poleznyye-stati-o-vode/obezrazhivaniye-vody-ultrafioletom>. – Дата доступа: 09.10.2022.

УДК 621.165

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГЕТИКИ:
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАКТЕРИЙ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ
РАЗЛИВОВ НЕФТИ
INNOVATIVE ENERGY TECHNOLOGIES: USING BACTERIA TO
ELIMINATE OIL SPILLS**

М.В. Колчин, А.А. Кожух

Научный руководитель – В.В. Кравченко, к.э.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

M. Kolchyn, A. Kozhukh

Supervisor – V. Kravchenko, Candidate of Economic Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в статье представлены методы решения проблем связанных с разливом нефти.*

***Abstract** the article presents particular methods of solving problems related to the oil spill.*

***Ключевые слова:** экология, проблемы, нефть, методы.*

***Keywords:** ecology, problems, oil, methods.*

Введение

Человеческая деятельность является одним из главных загрязнителей экосистемы Земли. Одним из примеров таких загрязнений является нефтедобыча, и как следствие разлив нефти в океаны.

Основная часть

Из-за разливов нефти (см. рисунок 1) страдает фауна около водоёмов, в виде водоплавающих птиц, ежегодно их численность сокращается на 5 тысяч. Птицы не единственные животные, которые страдают, также большой ущерб испытывают многие млекопитающие, такие как полярные медведи, тюлени и пр. По статистике чаще погибают именно животные с мехом, из-за попадания углеводорода в шерсть они теряют способность сохнуть и сохранять тепло.

Помимо природы удар пришелся также и по экономике близлежащих городов. Пострадали заведения общественного питания, рыбаки, курортный бизнес, а также те предприятия, которые используют большой расход воды. Из-за загрязнение пресных вод ущерб ощутили жители, коммунальные службы, сельскохозяйственное производство. В общем случае для минимизации антиэкологической деятельности необходимо применять работы по улучшению экообстановки в местах нефтедобычи. От разливов нефти применяются методы биоочистки водоемов и их грунтов.



Рисунок 1 – Разлив нефти

Применяются главные 3 метода ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН).

Механический.

Предложенный метод требует выполнения с помощью специализированной техники, так же допускается ручное использование в случае неполадок и аварий. Данный метод работает посредством специализированной техники либо при неполадках или авариях действует ручное управление. Наиболее распространены, так называемые скиммеры-нефтеборщики, которые собирают с поверхности воды 99% нефтепродуктов. К их достоинствам относятся малый вес и компактный размер. Наиболее эффективным оборудованием являются скиммеры-нефтеборщики, их достоинство в том, что они способны собрать 99% нефти и нефтепродуктов с поверхности водоема.

Однако важно понимать, что скиммеры больше служат для предотвращения попадания нефтепродуктов в окружающую среду, поэтому их чаще всего устанавливают стационарно на производстве для автоматизации процесса сбора нефтепродуктов с поверхности сточных вод. Стоит учесть тот факт, что основной целью скиммеров является недопущение протечки нефти и нефтепродуктов. Следствие данного факта – установка скиммеров на производстве для автоматизации сбора нефти и нефтепродуктов.

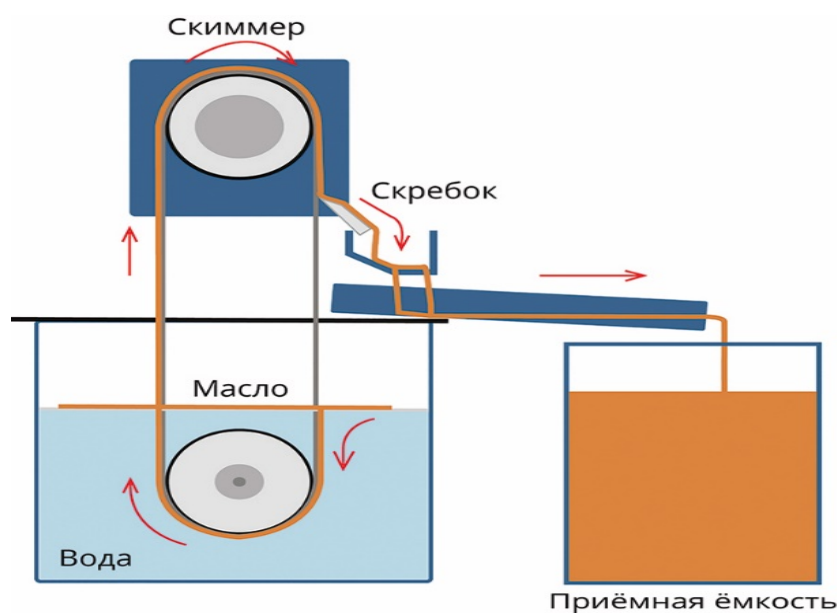


Рисунок 2 – Механический метод ликвидации аварийных разливов нефти

Термический

Этот метод является самым антиэкологичным, так как по сути своей представляет банальный выжег нефти с поверхности воды. Так же стоит добавить, что протекание подобной реакции возможно лишь при соблюдении условия, когда слой нефтепродукта большой и он еще не успел смешаться с водой или с почвой.

Значительной частью мероприятия по выжугу нефти является обваловывание разлива при помощи нефтеудерживающих бонов, чтобы нефть (а потом еще и горящая нефть) не могла распространиться по водоему, тем самым осложняя работу ликвидаторам.



Рисунок 3 – Термический метод ликвидации аварийных разливов нефти

Биологический

Бактериальный (биологический) метод удаления разливов является самым современным. Этот метод очистки базируется на применении биопрепаратов – специальных бактерий или грибков, которые перерабатывают нефть, по итогу оставляя лишь воду и углекислый газ. Рассмотрим данный метод поподробнее. Способы ликвидации последствий разлива нефти на воде, с учётом того, что нефть является веществом со специфической растворимостью в воде, на практике это выражается в явно заметной границе раздела. Нефть и нефтепродукты, локализованные на водной глади, представляют собой: а) тончайший слой частиц нефти, находящийся плавающий на поверхности; б) загрязнённая грунтовая кромка береговой линии; в) растворенная в воде нефть; г) нефть, упавшая на дно. В особенности, определённого рода физико-химические методы способны эффективно ликвидировать последствия разлитой нефти, находящейся на поверхности воды исключительно в виде плавающего слоя. Следующие по классификации состояния разлитой нефти не представляется возможным устранить подобным способом.

Первым этапом ликвидации разлива нефти служит, как известно, локализация возникшей нефтяной лужи. Для этого служит так называемая, обваловка загрязнённого водоёма, по известному периметру, соответствующему технологическим и экологическим нормам. В случае же, если водоём является проточным, по типу реки или ручья, в обязательном порядке применяют плавающие боны.

По их исполнению различают заводские и самодельные. К слову, так называемые, боны, могут иметь как заводское исполнение, так и самодельное. В проточных водоемах нефть собирается в ограниченном пространстве за счет течения воды. В стоячих водоемах боны стягивают, уменьшая площадь плавающего слоя нефти и увеличивая его толщину.

Благодаря течению в водоеме, нефть скапливается в условно ограниченных пространствах. Уже после скопления нефти, проводится её сборка в верхних слоях. Затем проводится сборка слоя нефти. Если объем разлитой нефти составляет от 100 л и больше, используют вакуумные нефтесборщики.

В случае же, если объём собранной в водной глади нефти превышает 100 л, в ход идут специализированные нефтесборные установки. Менее крупное количество собранных литров. Небольшие разливы нефти собираются при помощи сорбентов, в том числе и многоразовых, чьё использование предпочтительнее. Меньшие объёмы собираются при помощи сорбентов. Желательно использовать многоразовые сорбенты.

Восстановление сорбентов осуществляется за каждым последующим циклом, благодаря отделению нефти сепаратором, основанном на действии центробежной силы, другими словами центрифугой, либо отжатием на станке из двух соприкасающихся валов валков, между которыми пропускается наш обрабатываемый материал. Цикл повторяется около 32–42 раз. Старой нефтью считается нефть, возраст разлива которой от 1 года. Такую нефть при низких температурах (0–5°C) можно извлекать лопатами либо сачками.

Ко второму этапу ликвидации разлива нефти относится сжигание имеющейся нефти с помощью газового факела, который представляет собой управляемое или аварийное сжигание сопутствующего газа. Управляемое сжигание газа позволяет нам повысить безопасность нефтехранилищ и трубопроводов. Также сжигание может происходить в котельных. При большом обводнении нефти необходимо провести её переработку, это осуществляется следующим образом.

С помощью вакуумных нефтесборщиков, либо же сорбентов собирается разлившаяся нефть. Сорбентами мы пользуемся при малых разливах. Здесь также применяется его многократное восстановление. Грязный грунт, оставшийся после извлечения нефтепроявлений, проходит биовосстановление. Оно может проходить либо на месте, либо с увозом грунта.

Грунт с кислотностью меньше 5,4 необходимо оптимизировать до значений рН 5,5–7,5. Для этого используются раскислители. Последующие действия – это рыхление, т.е. вспашка и перемешивание компонентов.

При содержании солей кальция и магния в грунте в количестве менее 0,15–0,2 г/кг необходимо добавить соли магния (калмагнезия) или кальция (хлорид кальция) в дозах 150–200 кг/га для фиксации источников фосфора. Для аккумуляции влаги в верхних горизонтах песчаного грунта (слой 0–15 см) вносят крупные фрагменты торфа (3–5 см) с микрофлорой. Доза внесения 4 000–6 000 кг/га. Для поддержания активности ферментных систем нефтеусваивающих микроорганизмов необходимо вносить смесь солей (квалификация ч.д.а.) с микроэлементами (2–2,5 смеси кг/га). Класса чистоты ч.д.а. необходимо придерживаться, т.к. в соединениях класса ч.д.а. содержатся примеси ртути, свинца, кадмия и другие, негативно влияющие на микроорганизмы.

Заключение

1. Разлив нефти в водоёмы несёт разрушительный характер для людей и животных, обитающих вблизи этих мест.
2. Методы, позволяющие убрать последствия разлива, как и любые технологии имеют преимущества и недостатки.
3. Бактериальный метод очистки является наиболее безопасным и экологичным, нежели чем остальные.

Литература

1. Экологическая токсикология: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Т.В. Жуйкова, В.С. Безель. – М: Издательство Юрайт, 2019. – 362 с.
2. Gardzilewicz A, Marcinkowski S, Sobera H. and Józefowicz Z 1994 Experimental Experience of Patent No. 160-805 Application in Ecological science, Energetyka (No. 3), pp. 73-78, (in Polish).

УДК 621.039

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА АЭС
NPP LIFE CYCLE INFORMATION SYSTEM**

К.О. Сеньють

Научный руководитель – И.А. Некало, ассистент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

K. Senut

Supervisor – I. Nekalo, assistant

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной научной работе рассматривается схема использования информационных систем для хранения важных данных, учитываемых при продлении проектного срока службы (далее ПСС) и выводе блока атомной электрической станции (далее – АЭС) из эксплуатации.

Abstract: this scientific paper discusses the relevance of using information systems to store important data taken into account when service life extension and decommissioning a nuclear power plant unit.

Ключевые слова: атомная станция; информационные системы; обоснование; вывод из эксплуатации.

Keywords: nuclear power station; information systems; justification, Decommissioning Strategy.

Введение

Вывод из эксплуатации (далее ВиЭ) является одним из этапов жизненного цикла АЭС. Для демонтажа как радиоактивного, так и нерадиоактивного оборудования, конструкционных материалов зданий и сооружений, необходимо воспользоваться базой данных, в которой будет вся необходимая информация обо всем оборудовании, устройствах и конструкционных материалах защиты и сооружений на АЭС.

Система сбора, документирования и хранения информации, необходимой для последующего вывода блока АЭС из эксплуатации, пригодиться ещё на этапе его функционирования. Для упрощения этих задач для каждого блока АЭС необходимо иметь свою информационную систему жизненного цикла.

Основная часть

Все работы по ВиЭ блока АЭС осуществляются в соответствии с Проектом ВиЭ, который разрабатывается эксплуатирующей организацией.

Проект ВиЭ должны быть направлен на снижение дозовых показателей, объемов и уровня активности отходов за счет: выбора материалов оборудования, систем и конструкций; упрощения методов дезактивации и демонтажа оборудования, систем и конструкций; выбора соответствующего водно-химического режима первого контура, который позволит сократить количество продуктов коррозии при эксплуатации; использования, при сооружении АЭС, строительных конструкций, направленные на упрощение демонтажных работ при ВиЭ.

В соответствии с принятыми в Республике Беларусь регулирующими правилами, эксплуатирующая организация не позднее чем за 5 лет до истечения ПСС блока АЭС обеспечивает разработку Программы ВиЭ.

Программа должна содержать основные организационные, технические и технико-экономические мероприятия по реализации выбранного варианта ВиЭ блока АЭС, график и последовательность этапов, перечень основных работ на каждом этапе и, после завершения всех работ, описание конечного состояния по ВиЭ блока АЭС [2].

Жизненный цикл ядерной установки непрерывно связан с большим потоком различной информации, которая должна быть не только сохранена, но также систематизирована и доступна для анализа на заключительном этапе. Для этого используется информационная система блока АЭС (далее – ИСАЭС). Её цель заключается в обеспечении пользователя инструментами и методами, необходимыми для оперативного поиска необходимой информации по любому вопросу при ВиЭ, а также в получении четкой и надежной оценки ключевых параметров станции, важной для принятия решения, продлении ПСС или ВиЭ.

Таким образом ИСАЭС должна состоять из двух основных блоков: БЛОК АЭС и БЛОК ПРОЦЕСС, которые уже непосредственно включают в себя самостоятельные, связанные между собой частные блоки.

БЛОК АЭС должен включать такие блоки, как:

- РЕАКТОРНАЯ УСТАНОВКА: информация о площадке, помещениях, зданиях и сооружениях, оборудовании и системах АС.
- МАТЕРИАЛЫ АЭС: физические и химические характеристики защитных и конструкционных материалов АЭС.
- РАО (радиоактивные отходы): сведения о радиоактивных материалах АЭС, которые образуются во время эксплуатации и при ВиЭ АС.
- ДОКУМЕНТАЦИЯ: документальная часть ИСАЭС, которая включает в себя полную информацию об всей истории АЭС.

БЛОК ПРОЦЕСС включает такие блоки, как:

- Комплексное инженерное и радиационное обследование (в схеме – КИРО): комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на получение информации об инженерном (техническом) состоянии РО, систем, элементов и оборудования РО, а также о радиационной обстановке на РО, поверхностном загрязнении помещений радиоактивными веществами [3].
- ОСТАНОВ РЕАКТОРА: остаточный ресурс и остаточная радиоактивность защиты и конструкционных материалов, оборудования, зданий и сооружений.
- ВЫВОД ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ: контроль качества, оценочная стоимость проекта ВиЭ, продолжительность конкретных работ по ВиЭ, спектр проблем.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ: программный продукт единого стандарта.

На рисунке 1 представлен пример блок-схемы ИСАЭС.

ИСАЭС содержит информацию и инструменты, которые дают пользователю проанализировать результаты решения таких задач как:

- Техническое и радиационное состояние площадки, зданий и сооружений АЭС;
- Прогноз и расчет эквивалентной коллективной дозы с учетом уровней активности, временного фактора, объемов и видов РАО, продолжительности ВиЭ или продление ПСС или реконструкция АЭС;
- Ознакомление и сравнение различных вариантов по ВиЭ или продлению ПСС или реконструкции АЭС;
- Принятие решения по видам упаковки РАО, их типам, транспортировки, а также контроль за их перемещением и обработкой, а также определение характеристик и источников образования РАО;
- Оценка экспериментальных данных в целях оптимизации информации для последующего использования на других однотипных блоках.

В настоящее время активно ведутся работы по созданию и внедрению информационных систем в вопросе вывода блоков АЭС из эксплуатации.



Рисунок 1 – Блок-схема ИСАЭС

Заключение

Внедрение и использование информационных систем в будущем будет способствовать гораздо более эффективному анализу параметров и физико-химических свойств конструкционных материалов оборудования и устройств АЭС, что, в последующем, может повлиять на грамотное и более безопасное решение при продлении ПСС или выбора варианта ВиЭ.

Литература

1. Вывод из эксплуатации ядерных установок (на примере блоков станций) / А.Е. Енговатов, Б.К. Былкин. – Москва, 2015.

2. Департамент по ядерной и радиационной безопасности министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление МЧС РБ, 25 апр. 2020 г., № 15: в ред. постановления МЧС от 30.07.2020 г. // Национальный реестр правовых актов. – Минск, 2020.

3. Комплексное инженерное и радиационное обследование РО. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://multilang.pravo.by/ru/Term/Index/36884?langName=ru&size=25&page=1&type=3>. – Дата доступа: 30.10.2022.

4. Decommissioning Nuclear Power Plants [Electronic resource]: Fact sheet. Nuclear Energy. – Mode of access: <https://www.nei.org/resources/fact-sheets/decommissioning-nuclear-power-plants>. – Date of access: 30.10.2022.

5. Decommissioning Nuclear Facilities [Electronic resource]: Fact sheet. Nuclear Energy. – Mode of access: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/decommissioning-nuclear-facilities.aspx>. – Date of access: 30.10.2022.

6. Decommissioning of nuclear installations [Electronic resource]: International Atomic Energy Agency. – Mode of access: <https://www.iaea.org/topics/decommissioning>. – Date of access: 30.10.2022.

УДК621.311

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОЙ МЕМБРАНЫ
KRISTAL ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ
USING THE KRISTAL ULTRAFILTRATION MEMBRANE FOR WATER
PURIFICATION**

Д.А. Степанов

Научный руководитель – В.А. Романко, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D. Stepanov

Supervisor – V. Romanko, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: на надежность и длительность работы станции влияет качество воды пароводяного тракта станции. В настоящее время большое внимание уделяется поиску новых методов очистки воды, экономичных, простых в использовании по сравнению с традиционными методами. К ним относятся мембранные методы: ультрафильтрация и нанофильтрация. В качестве примера был рассмотрен метод – ультрафильтрация.

Abstract: the reliability and duration of operation of the station is affected by the water quality of the steam-water path of the station. Currently, much attention is being paid to the search for new methods of water purification that are economical and easy to use compared to traditional methods. These include membrane methods: ultrafiltration and nanofiltration. As an example, the ultrafiltration method was considered.

Ключевые слова: мембрана, ультрафильтрация, гидрофильный материал, пермеат, обратный осмос.

Keywords: membrane, ultrafiltration, hydrophilic material, permeate, reverse osmosis.

Введение

Правильное соблюдение водоподготовки и водно-химического режима станции обеспечивает надежную и экономическую работу теплоэнергетического оборудования. Химическая очистка воды должна обеспечить паровые котлы питательной водой хорошего качества и достаточным её количеством при низкой себестоимости. Для этого необходимо проводить контроль качества и, при необходимости, очистку поступающей воды, оборотного конденсата, охлаждающей воды станции, добавляемой воды в теплосети и сбрасываемой отработанной воды для предотвращения возникновения коррозии, накопления отложений и накипеобразования в теплообменных агрегатах, а также предотвращение загрязнения окружающей среды. В настоящее время на смену традиционным методам очистки и обессоливания воды, основой которых является реагентная обработка, ионный обмен и термодистилляция, пришли современные экономические процессы разделения растворов на мембранах.

Основная часть

В настоящее время стремительно развиваются и внедряются мембранные методы очистки воды. Ультрафильтрация является одним из мембранных методов очистки воды. Она представляет собой фильтрование вследствие

пропускании воды через мембрану с диаметром отверстия 0,002–0,1 мкм под определенным давлением, в процессе которого происходит разделение частиц по величине молекулярной массы. Ультрафильтрацию используют не только для удаления взвешенных частиц, а также для удаления некоторых органических веществ.

При изготовлении высокомолекулярных ультрафильтрационных мембран из пустотелого волокна Kristal применяется техника плёнообразования с отделением сухой/влажной фазы. Специально обработанный гидрофильный полиметафторэтилен (PVDF), материал с химической устойчивостью может обеспечить более высокий поток пермеата при применении различного качества впускной воды в ультрафильтрационные мембраны Kristal. И одновременно, полистафторэтилен позволяет ультрафильтрационной мембране Kristal обладать лучшей противоокислительной способностью в отношении окисляющих агентов, часто применяемых при проведении промывки, таких как хлор, хлорамин, а также хлорноватистокислый, натрий и т.д. Губкообразная асимметрическая конструкция с плотной внешней поверхностью повышает поток пермеата из пустотелого волокна ультрафильтрационной мембраны Kristal, обеспечивая высокий эффект удаления загрязнений, механическую прочность, длительную эксплуатацию и стабильность качества полученного пермеата.

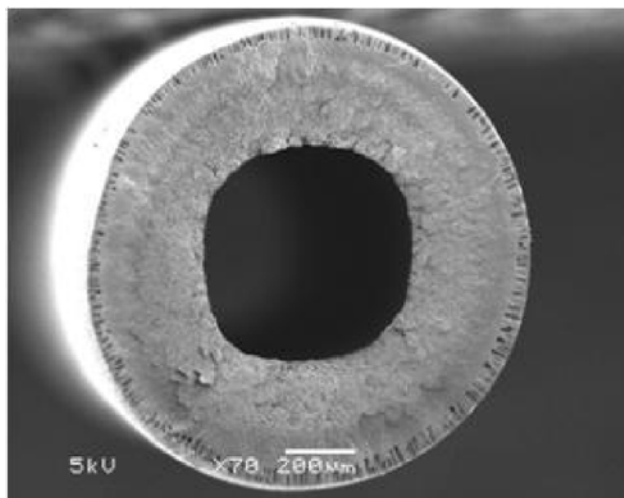


Рисунок 1 – Увеличенный вид разреза высокомолекулярного пустотелого волокна Kristal

Основные характеристики ультрафильтрационной мембраны Kristal:

- гидрофильный материал обеспечивает меньшее накипеобразование; асимметрическая конструкция обеспечивает более высокий поток пермеата и его качество;
- более высокая стойкость к химикатам при химической очистке; отвесная кривая линия пересеченного потока (высокий эффект фильтрации);
- более длительный срок службы; небольшая занимаемая площадь.

Таблица 1 – Характеристика мембранной группы Kristal

Материалы	Модифицированный полиметаэтилен
Внешний диаметр/внутренний диаметр/толщина стенки мембраны	1.2 мм/0.6 мм/0.3 мм (0.047''/0.024''/0.012'')
Молекулярная масса пересеченного потока	150к (Дальтон)
Интенсивность волокна	>3СМра
Количество перехвата бактерий(LRV)	≥6

Ультрафильтрация представляет собой процесс фильтрации, приводимого посредством касательного течения и давления жидкости, в процессе которого происходит разделение частиц по величине молекулярной массы. Диаметр отверстия ультрафильтрационной мембраны примерно колеблется в пределах 0,002–0,1 мкм (MWCО приблизительно 1,000–500,000). Растворенные вещества и вещества, которые меньше диаметра отверстия мембраны, будут проникать сквозь фильтрующую мембрану в виде проницаемой жидкости (пермеата). Вещества, которые не могут проникнуть сквозь фильтрующую мембрану, будут постепенно сгущаться в отводимой в дренаж жидкости. В связи с этим, в пермеате (проницаемой жидкости) будет содержаться вода, ионы и вещества малой молекулярной массы. А коллоидные вещества, частицы, бактерии, вирус и простейшие будут удаляться мембраной. Мембрана может многократно использоваться и очищаться простой промывкой.

При применении ультрафильтрации могут удаляться не только все взвешенные вещества, но и частично органические вещества, это обеспечивает стабильное качество ультрафильтрационного пермеата в пределах $SDI < 3$, что в свою очередь обеспечивает длительную и стабильную работу обратного осмоса (SDI называется индексом заиливания, он является важным параметром, который показывает соответствует ли впускная вода требованиям впуска обратного осмоса. Все поставщики мембран обратного осмоса предъявляют требование к впускной воде обратного осмоса по параметру $SDI < 5$. По общим требованиям технического контроля предел $SDI < 4$. Высокий индекс SDI может привести к загрязнению и закупориванию элементов мембран обратного осмоса, в результате чего промывка будет становиться многократной и срок службы элементов будет сокращаться).

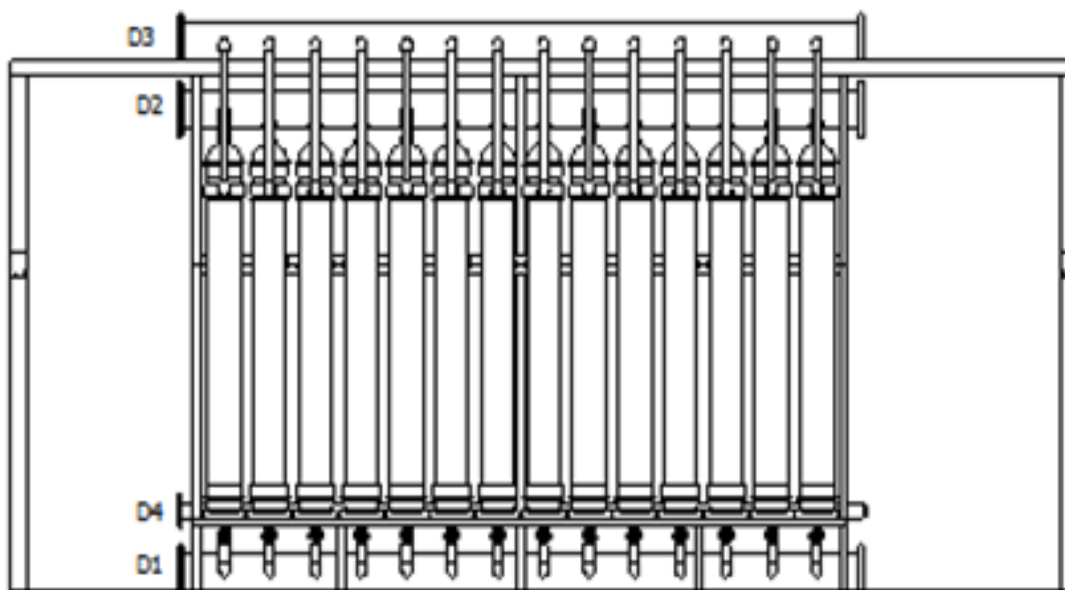


Рисунок 2 – Схема трубного разреза установки ультрафильтрации

Таблица 2 – Таблица трубного разреза

Обозначение	Стандарт присоединительных размеров	Назначение или наименование	Примечание
D1	HG/T20592 PL200-10RF	Отработанная вода	
D2	HG/T20592 PL200-10RF	Кора	
D3	HG/T20592 PL200-10RF	Вход воды	
D4	HG/T20592 PL200-10RF	Вход газа	

Заключение

Ультрафильтрацию используют не только для удаления всех взвешенных частиц, но и для удаления некоторых органических веществ, а также поддержание ультрафильтрации воды в течении долгого времени стабильно на $SDI < 3$, обеспечивает долгосрочную и стабильную работу обратного осмоса.

Литература

1. Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран: обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация / А.Г. Первов; монография: – М: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. – 232 с.
2. Ультрафильтрация / М.Т. Брык, Е.А. Цапюк; отв. ред. А.Т. Пилипенко: АН УССР. Ин-т коллоид. химии и химии воды им. А.В. Думанского. – Киев: Наук. думка, 1989. – 288 с.

УДК 621.182-5

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ ТИПОВЫХ ДВУХКОНТУРНЫХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
STUDY OF VARIOUS METHODS OF PARAMETRIC OPTIMIZATION
OF TYPICAL TWO-LOOP AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

М.В. Коршун

Научный руководитель – Г.Т. Кулаков, д.т.н., профессор
Белорусский национальный технический университет, г.Минск

M. Korshun

Supervisor – G. Kulakov, Doctor of Technical Sciences, Professor
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье рассмотрены методы расчета параметров оптимальной динамической настройки типовых двухконтурных систем автоматического регулирования.

Abstract: the article considers methods for calculating the parameters of the optimal dynamic setting of typical two-loop automatic control systems.

Ключевые слова: системы автоматического регулирования, настройка, графики, переходные процессы, сравнение.

Keywords: automatic control systems, tuning, graphs, transients, comparison.

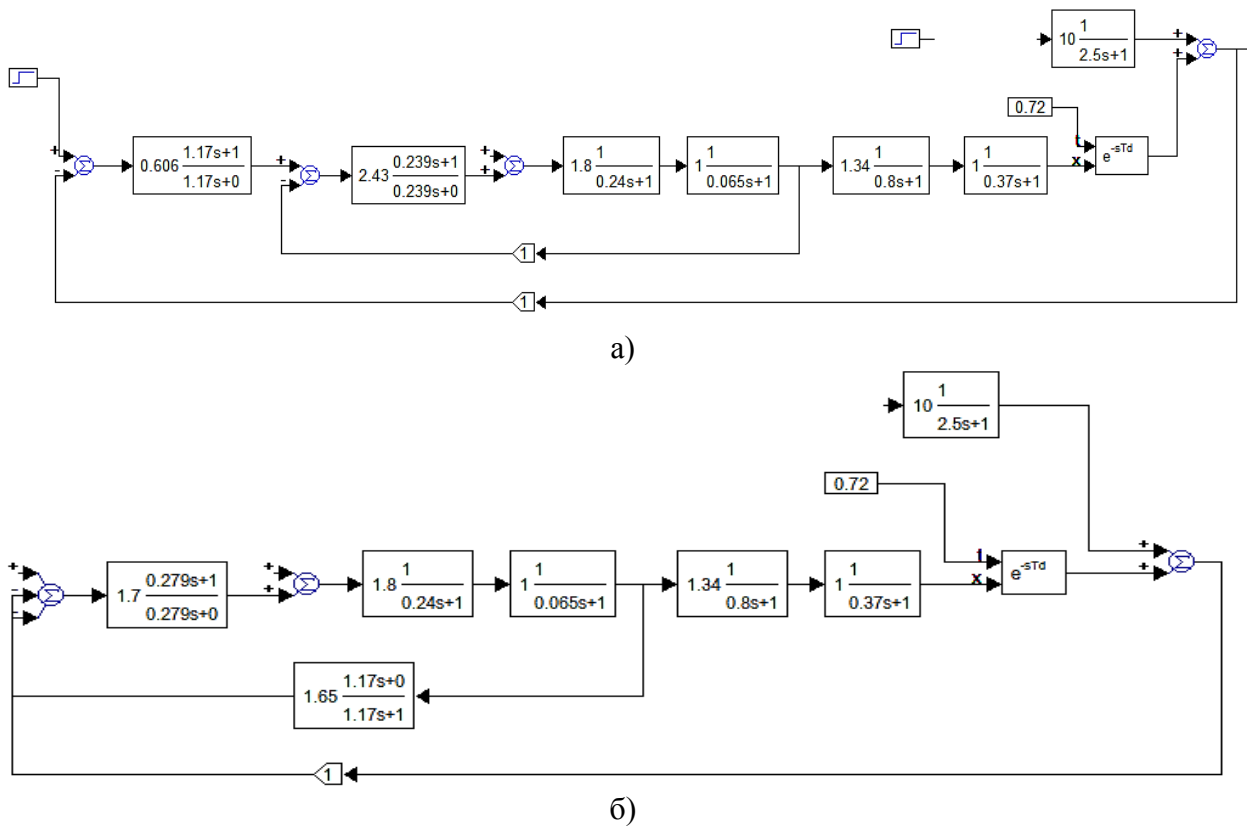
Введение

Максимальное распространение в теплоэнергетике получили типовые двухконтурные системы автоматического регулирования (каскадная система автоматического регулирования (КСАР) и система автоматического регулирования с дифференциатором (САР с дифференциатором)).

Основная часть

Существует множество методов расчета параметров оптимальной динамической настройки таких систем. В связи с этим актуальной становится проблема выбора оптимального варианта настройки таких систем. Структурные схемы моделирования переходных процессов ТКСАР и САР с дифференциатором приведены на рисунке 1.

Настройку САР с дифференциатором производим по методу частичной компенсации с коэффициентом демпфирования $\xi = \frac{1}{\sqrt{2}}$, по передаточной функции инерционного участка второго порядка с условным запаздыванием. Настройку основного регулятора производим по передаточной функции оптимального регулятора с использованием упрощенной передаточной функции опережающего участка первого порядка с учетом расчетного значения коэффициента дифференциатора.

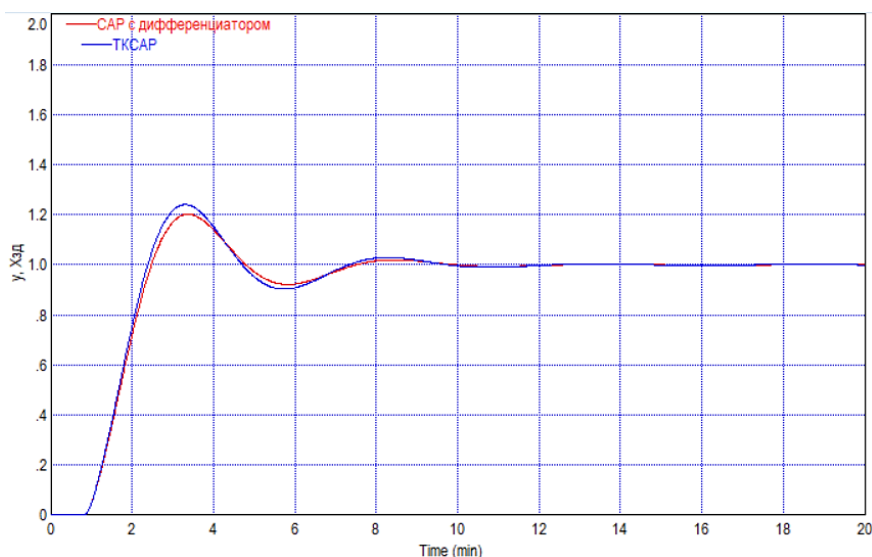


а – КСАР; б – САР с дифференциатором

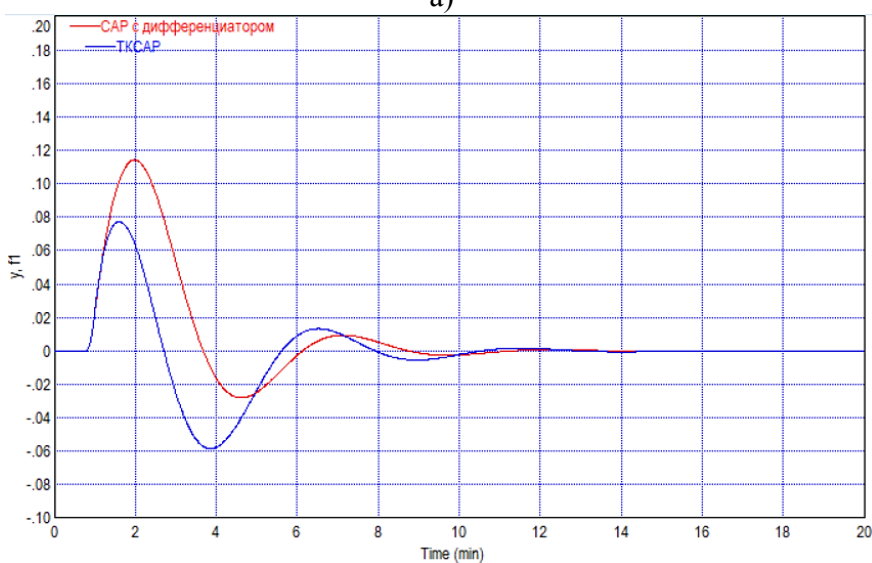
Рисунок 1 – Структурные схемы моделирования переходных процессов типовых двухконтурных систем автоматического регулирования

В данном случае расчет настройки этих систем произведен по методам БНТУ. Стабилизирующий регулятор КСАР настраиваем по передаточной функции опережающего участка по методу частичной компенсации на оптимальную отработку скачка внутреннего возмущения с критерием оптимальности: минимум интеграла квадрата ошибки регулирования в пределах от 0 до полного регулирования и ограничения степени затухания переходного процесса 0,95. Корректирующий регулятор настраиваем по методу полной компенсации в частном виде на оптимальную отработку крайнего внешнего возмущения с коэффициентом демпфирования $\xi = \frac{1}{\sqrt{2}}$, который заменяем скачком задания корректирующего регулятора.

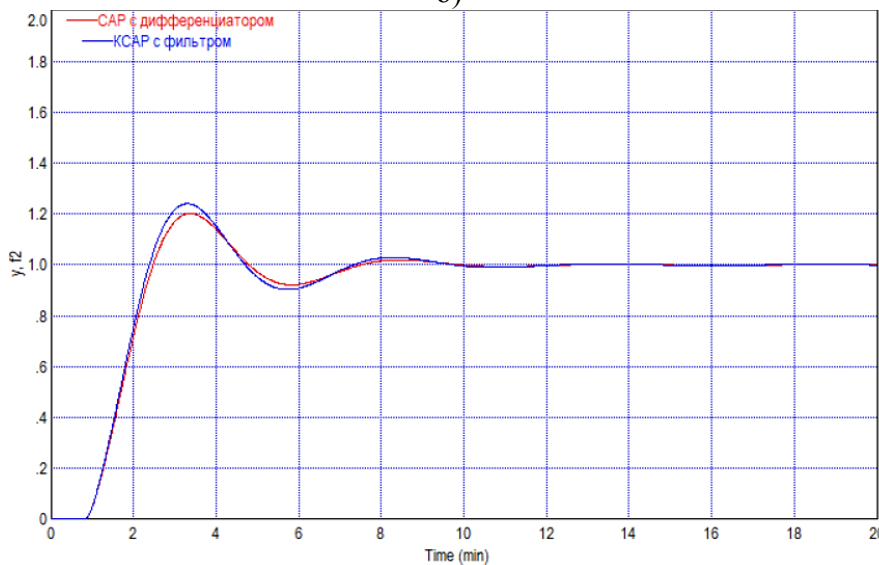
Графики переходных процессов при основных воздействиях приведены на рисунке 2.



а)



б)



в)

а – скачка задания; б – при отработке внутреннего возмущения;
в – при отработке крайнего внешнего возмущения

Рисунок 2 – Графики переходных процессов типовых двухконтурных систем автоматического регулирования при отработке

Из анализа графиков следует, что в обеих схемах максимальная величина перерегулирования при отработке скачка задания превышает расчетные 4,3% от скачка задания. Поэтому в схему КСАР в цепь задания корректирующему регулятору добавляем передаточную функцию фильтра в виде инерционного звена первого порядка с коэффициентом передачи 1 и временем разгона 0,8 минут (рисунок 3).

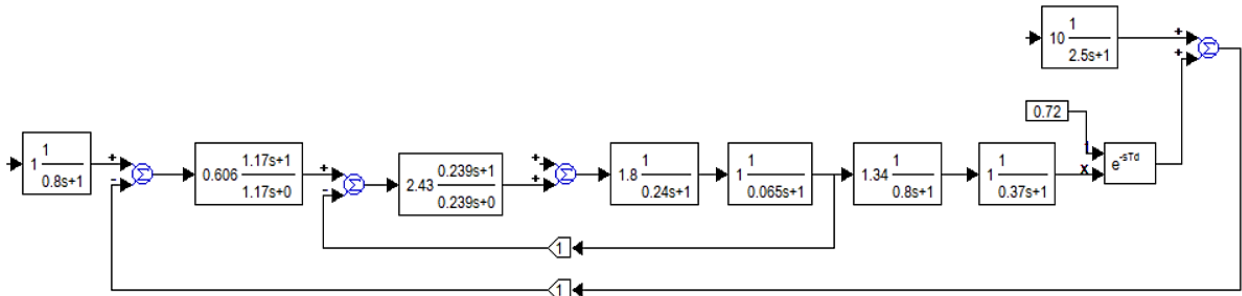


Рисунок 3 – Схема моделирования переходных процессов с фильтром в цепи задания

Соответствующий график отработки скачка задания приведен на рисунке 4, из которого следует, что максимальная величина перерегулирования существенно уменьшилась.

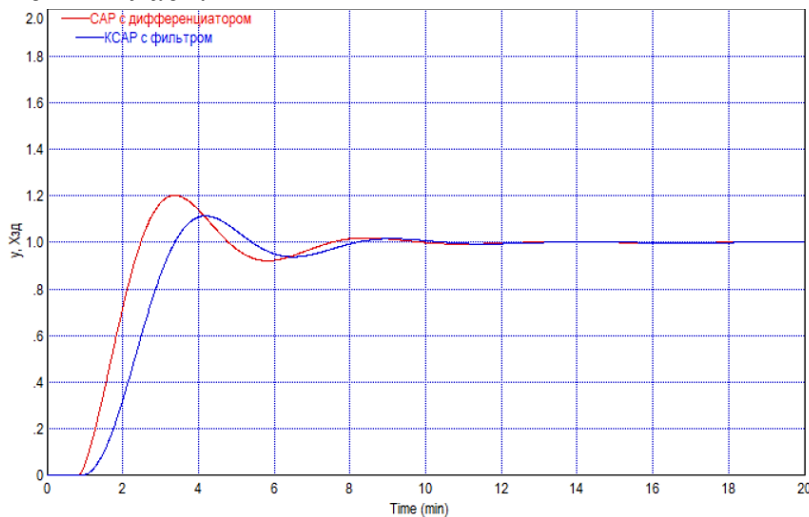
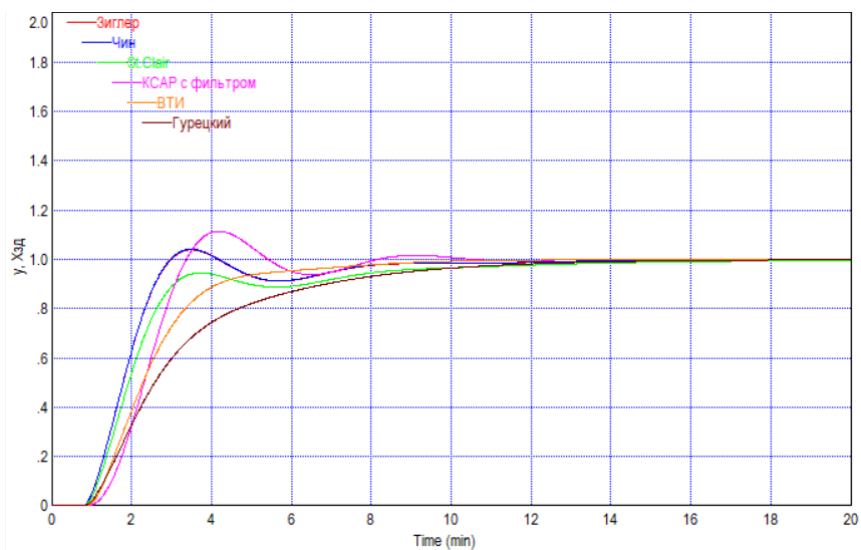


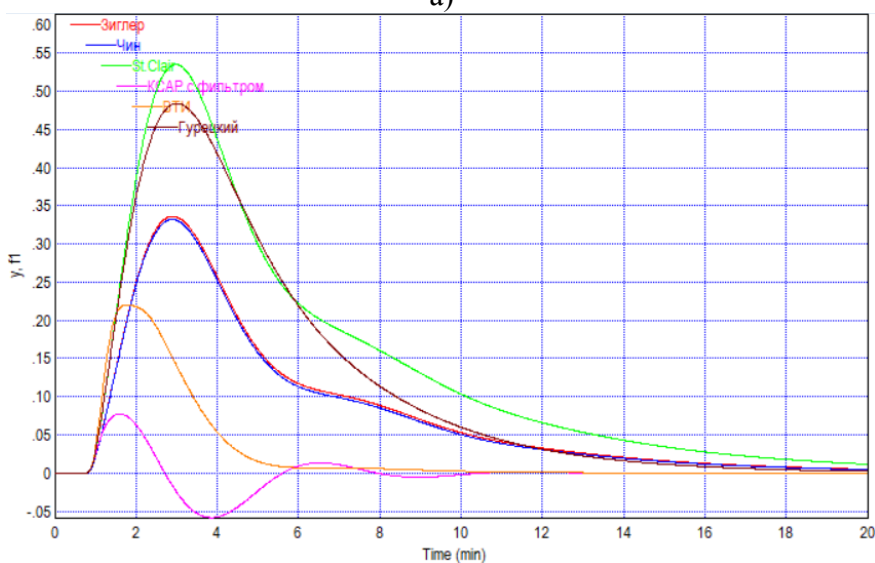
Рисунок 4 – График переходных процессов КСАР с фильтром скачка задания

На рисунке 2б приведены графики отработки внутреннего возмущения, из анализа которых следует, что время регулирования примерно одинаково, а максимальная динамическая ошибка типовой КСАР примерно на 30% меньше, чем у САР с дифференциатором. Графики отработки крайнего внешнего возмущения практически совпадают. Поэтому дальнейшие исследования проводим с КСАР с фильтром в цепи задания.

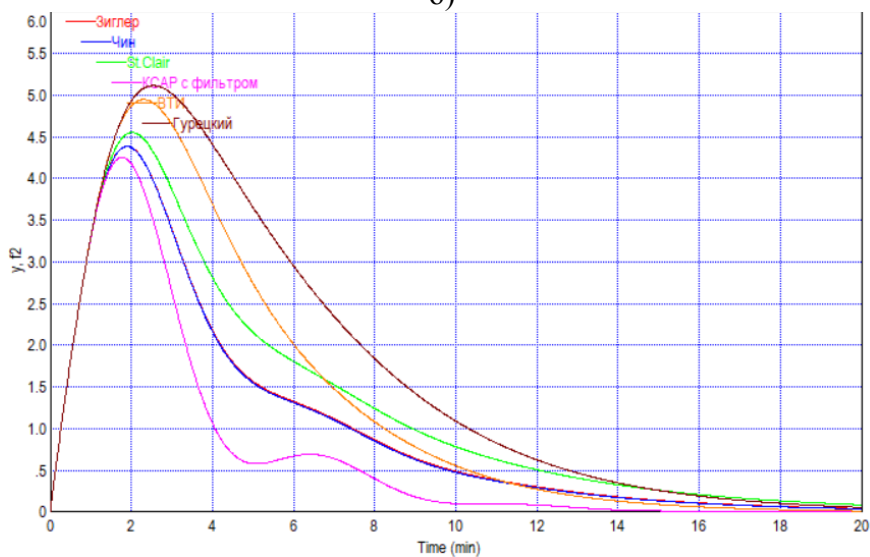
Сравнительному исследованию подверглись методы: БНТУ, ВТИ, Гурецкого, Зиглер, Чин, St.Clair. Из анализов графиков переходных процессов рисунка 5 следует, что время отработки скачка задания при различных методах примерно одинаково, однако минимальное перерегулирование соответствует типовой КСАР БНТУ с фильтром. При этом также достигается максимальная скорость изменения регулируемого параметра при отработке скачка задания в методе БНТУ, что позволяет повысить быстродействие системы при отработке скачка задания.



а)



б)



в)

а – скачка задания; б – внутреннего возмущения; в – внешнего крайнего возмущения
 Рисунок 5 – Графики переходных при различных методах настройки и отработке основных воздействий

Вместе с тем КСАР БНТУ при обработке внутреннего возмущения обеспечивает повышение быстродействия примерно в 2 раза по сравнению с зарубежными аналогами, но соизмеримо с методом ВТИ. Однако, максимальная динамическая ошибка регулирования по методу БНТУ в 3 раза меньше, чем у ВТИ, а также в 7,5 раз меньше, чем у зарубежных аналогов.

Анализ результатов обработки крайнего внешнего возмущения показывает, что максимальная динамическая ошибка на 23% меньше, чем по методу Гурецкого, на 16% меньше, чем по методам Зиглера и Чина. При этом время регулирования с учетом зоны нечувствительности регулятора сокращается примерно вдвое.

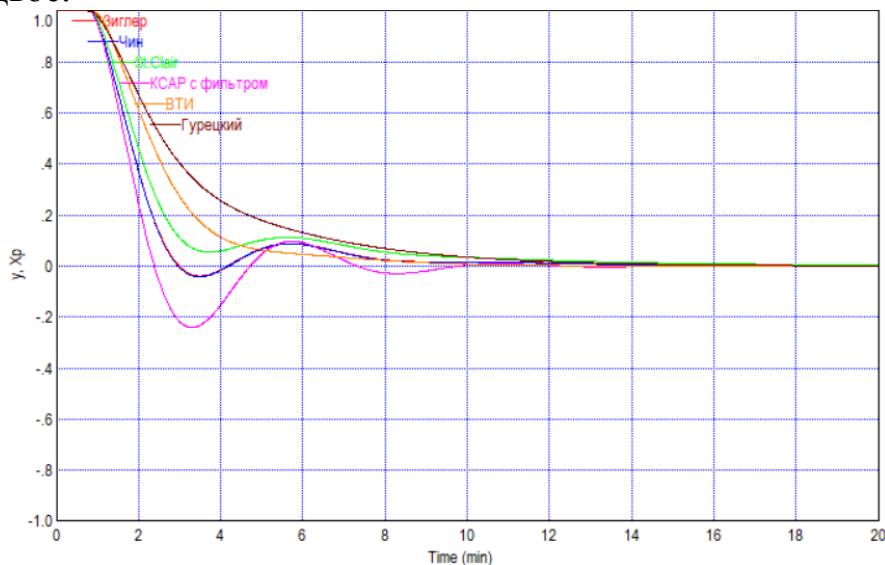


Рисунок 6 – График переходных при различных методах настройки и обработке регулирующего воздействия при обработке крайнего внешнего возмущения

На рисунке 6 приведены графики переходных процессов регулирующего воздействия при обработке крайнего внешнего возмущения, из анализа которых следует, что улучшение качества регулирования по методу БНТУ достигнуто за счет 20% увеличения максимальной величины регулирования воздействия при обработке при обработке крайнего внешнего возмущения.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что для повышения точности и быстродействия при основных воздействиях следует рекомендовать методику БНТУ при расчете настройки стабилизирующего регулятора по методу частичной компенсации, а корректирующего регулятора – по методу полной компенсации в частном виде.

Литература

1. Теория автоматического управления: учебно-методическое пособие / Г.Т. Кулаков [и др.]; под общ. ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: БНТУ, 2017. – 133 с.
2. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учеб. пособие / Г.Т. Кулаков [и др.]; под. ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: Вышэйшая школа, 2017. – 238 с.

УДК 628.538

**МЕТОДЫ СОКРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ
В КОТЛАХ ПРИ СЖИГАНИИ ГАЗА И МАЗУТА
METHODS FOR REDUCING EMISSION COMBUSTION PRODUCTS
IN BOILERS WHEN BURNING GAS AND FUEL OIL**

М.Д. Сытая

Научный руководитель – Л.А. Тарасевич, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

M. Sytaya

Supervisor – L. Tarasevich, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в данной статье рассмотрены варианты уменьшения вредных выбросов окислов азота и углерода, также зависимости от введения способов понижения концентраций данных выбросов.*

***Abstract:** this article discusses options for reducing harmful emissions of nitrogen and carbon oxides, also depending on the introduction of methods to reduce the concentrations of these emissions.*

***Ключевые слова:** выбросы, окиси азота, окиси углерода, дымовые газы, рециркуляция, экология.*

***Keywords:** emissions, nitrogen oxides, carbon oxides, flue gases, recycling, ecology.*

Введение

В настоящее время, происходит активный перевод энергослужб городов на газовое и жидкое топлива, что благоприятно сказывается на загрязнении атмосферы золой. Однако, при использовании мазута или газа, как топлива, вредные выбросы, такие как окислы азота и серы, сажа, бензопирена, окиси углерода сохраняются, а в некоторых случаях даже увеличиваются. Для использования такого вида топлива, вводятся допустимые концентрации выбросов вредных веществ. Данные нормы обеспечиваются распределением выбросов дымовых газов на определенной высоте дымовой трубы, что обеспечивает равномерное распределение вредных выбросов по площади вокруг энергокомплекса. Наиболее перспективным в проблеме сокращения опасных выбросов является совершенствование технологии сжигания топлива, которое предусматривает сокращение вредных веществ, в процессе горения.

Основная часть

В результате проведения различных исследований в области образования окиси азота, окиси углерода и сажистых частиц, при сжигании газа и мазута, были получены качественные зависимости, а через некоторое время, данные зависимости, получили опытное подтверждение. В результате проведения опытов по уменьшению выбросов окисей азота и углерода, были получены зависимости выхода окиси азота от нагрузки котла при различном количестве впрыскиваемой воды (рисунок 1).

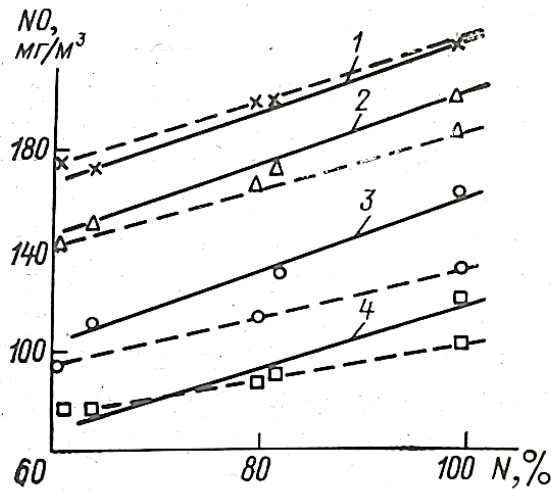
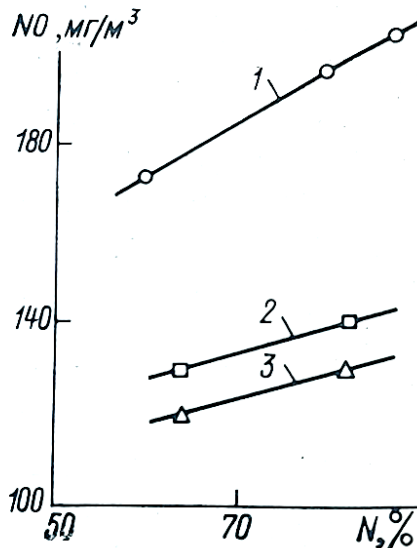


Рисунок 1 – Содержание окиси азота в продуктах сгорания котла

В ходе опытов было установлено, что при впрыске воды в количестве $\beta' = 4,5\%$ от расхода воздуха, которые подают на горение, при номинальной нагрузке $\alpha = 1,10$, что позволяет уменьшить содержание окиси азота на 55% в сравнении с обычным сжиганием газа. В том же случае, при впрыскивании пара в зону горения в количестве $\beta = 5\%$ от расхода воздуха, позволяет снизить количество окисей азота примерно в 2 раза по сравнению с обычным сжиганием газа или мазута. Также нужно отметить, что при дальнейшем увеличении впрыска пара, приводит к потере тепла от химического недожога.

В общем случае рассмотрим зависимость выхода окиси азота от нагрузки при двухступенчатом сжигании природного газа (рисунок 2).



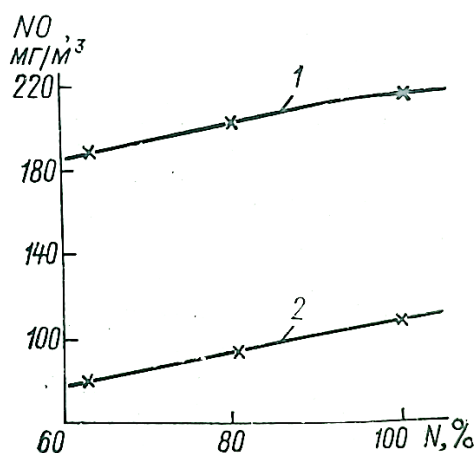
1 – обычное сжигание при $\alpha = 1,10$; 2 – двухступенчатое сжигание при $\alpha = 1,15$;
3 – двухступенчатое сжигание при $\alpha = 1,08$

Рисунок 2 – Содержание окиси азота в продуктах сгорания котла при двухступенчатом сжигании газа

В результате проведенного опыта по данному методу, пришли к выводу, что концентрация окислов азота в продуктах сгорания уменьшается на 30–35%, по сравнению с обычным одноступенчатым сжиганием природного газа.

Одним из важных критериев снижения выбросов окиси азота и углерода, является конструктивное исполнение и место установки горелок в топке. При установке газо-мазутных горелок в котлах в двухъярусном исполнении, при различном порядке их включения в условиях постоянной нагрузке, образуется различное количество окиси азота. Кроме того, расположение амбразуры установки горелок, также влияет на температурный уровень в топке, что соответственно приводит к изменению концентрации выбросов вредных веществ. Однако, было установлено, что использование горелок с рассредоточенным фронтом пламени и прямоочной подачей воздуха, позволяет сократить образование окисей азота.

Одним из часто используемых методом уменьшения выбросов вредных веществ является – метод рециркуляции продуктов сгорания. В первую очередь рециркуляцию дымовых газов используют для регулирования температуры перегретого пара, однако данный метод является эффективным способом для борьбы с вредными выбросами NO_x . За счет снижения температуры в топке, при рециркуляции дымовых газов, приводит уменьшению образования окиси азота.



1 – при отсутствии рециркуляции дымовых газов; 2 – при рециркуляции дымовых газов в топочную камеру

Рисунок 3 – Содержание окиси азота в продуктах сгорания котла при рециркуляции

При постоянном коэффициенте избытка воздуха и степени рециркуляции равной нулю, рост образования окислов азота с увеличением нагрузки, увеличивается практически в линейной прогрессии, как и при степени рециркуляции равной 15,5%. Однако, в этом случае общий уровень концентрации вредных газов снижается на 60%, при этом температура уходящих газов из котла увеличивается на 10–15%, что приводит к тепловым потерям с уходящими газами.

Заключение

В настоящее время требуется уменьшать количество выбрасываемых вредных веществ, при сжигании газо-мазутного топлива. При использовании вышеописанных методов, можно снизить концентрацию окислов азота и

углерода вблизи работы энергообъекта, до значений допустимых концентраций. Объективно наиболее выгодным является введение рециркуляции дымовых газов, при использовании которой мы можем: регулировать температуру перегретого пара в конвективной части котла, уменьшить количество окислов NO_x , а также исключить пережог поверхностей топочных экранов котла.

Литература

1. Теория и практика сжигания газа. – Часть VII / А.С. Иссерлин; под ред. А.С. Иссерлина, М.И. Певзнера. – Л: Издательство «Недра», 1981. – 344 с.
2. Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие / Е.А. Бойко [и др.]. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 96 с.

УДК 621.311

ПОПУТНЫЙ НЕФТЯНОЙ ГАЗ И ЕГО РАЦИОНАЛЬНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ASSOCIATED PETROLEUM GAS AND ITS RATIONAL USING

А.И. Сироткин, Д.А. Степанов

Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Sirotkin, D. Stepanov

Supervisor – N. Panteley, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: на сегодняшний момент одной из основных задач энергетической отрасли является поиск инженерных и конструкторских решений, которые направлены на усовершенствование производства, на эффективность, экономичность, способность минимизировать выбросы в окружающую среду метана и вредных окислов азота, углерода. В статье изложены методы наиболее эффективного использования (утилизации) попутного нефтяного газа, которые в последнее время нашли применение в энергетике и газотранспортной отрасли.

Abstract: at the moment, one of the main tasks of the energy industry is the search for engineering and design solutions that are aimed at improving production, efficacy, efficiency, and the ability to minimize emissions of methane and harmful nitrogen oxides and carbon into the environment. The article describes the methods of the most efficient using (utilization) of associated petroleum gas, which have recently found application in the energy and gas transportation industry.

Ключевые слова: попутный нефтяной газ, конверсия, газотурбинная установка, теплоэлектроцентраль, нефтяное месторождение, энергия.

Keywords: associated petroleum gas, conversion, gas turbine plant, thermal power plant, oil field, energy.

Введение

Добыча нефти – сложный и многоэтапный процесс. Перед непосредственной отправкой к покупателю «чёрное золото» проходит множество ступеней обработки и очистки. Одной из таких ступенек является процесс дегазации, т.е. выделение из нефти смеси углеводородных газов, находящихся в ней. Дело в том, что такие газы, как метан, этан, пропан и др. имеют довольно низкую молекулярную массу и достаточно хорошо растворяются в нефти. Таким образом, после данного процесса мы получаем смесь углеводородов в газообразном состоянии, которая и называется попутным нефтяным газом (ПНГ). Данный газ является побочным продуктом, возникающим непосредственно при добыче нефти. Поэтому до сих пор на многих месторождениях остро стоит вопрос об его рациональном использовании. В данной статье рассматривается один из эффективных и наиболее современных способов конверсии ПНГ в энергию.

Основная часть

Сам процесс отделения газов может начинаться уже в самой скважине. При этом нефть переходит в двухфазное состояние. Исходя из эффективности производства, в дальнейшем нефтегазовый поток разделяют на два отдельных. Это связано с большим объёмом газа по сравнению с объёмом жидкости, на хранение (транспортировку) которых потребовались бы большие ёмкости (трубы). Для разделения потоков чаще всего используют горизонтальные цилиндрические сепараторы, которые отделяют ПНГ в несколько ступеней. На каждой ступени происходит отделение газа от нефти при определённом давлении и температуре. В результате, после нескольких ступеней мы получим более чистую нефть, нежели при использовании только одной ступени сепарации. Все параметры ступеней сепарации зависят от типа месторождения и свойств нефти. Однако отделённый в этом процессе газ ещё нельзя использовать в промышленных целях по нескольким причинам. Во-первых, в таком ПНГ содержатся жидкие углеводороды (C_3 , C_4 и т.д.), которые необходимо удалить. Этим занимаются на стадии отбензинивания. Во-вторых, в газе ещё находятся некоторые негорючие газы, которые также нужно извлечь оттуда. Существуют ещё определённые процессы обработки ПНГ после сепаратора, однако они уже зависят от изначального качества газа. В конечном итоге газ необходимо компримировать, т.е. повысить с помощью компрессора давление для дальнейшей транспортировки.

Обычно ПНГ могут использовать в следующих целях:

- подогрев нефти для уменьшения её вязкости;
- отправка на газоперерабатывающий завод;
- обратная закачка в нефтяной пласт для повышения нефтеотдачи.

Однако по данным официальной статистики некоторые страны, в частности и Россия, ощутимую часть ПНГ сжигают в факелах без какой-либо пользы. Поэтому стоит задуматься о том, каким образом можно использовать этот ресурс рационально, не загрязняя при этом окружающую среду.

Одним из эффективных способов превращения ПНГ в энергию является использование прямо на месторождениях теплоэлектроцентралей с газотурбинными установками (ГТУ-ТЭЦ). Одна из таких станций была построена в конце 2016 года на месторождениях республики Коми. Она полностью работает на ПНГ с рассчитанной мощностью потребления 170 млн m^3 газа в год. Эта станция помогла решить несколько важных задач:

- Эффективное использование ПНГ.
- Покрытие электрических нагрузок в условиях сетевых ограничений.
- Получение тепловой мощности для собственных нужд.
- Выработка пара для закачки в нефтеносные пласты.
- Экономия затрат на потребляемые энергоресурсы.
- Снижение нагрузки на окружающую среду.

Установленная электрическая мощность данной ГТУ-ТЭЦ составляет 100 МВт, тепловая мощность – 120 Гкал/ч.

Основным элементом энергоблока является газотурбинная установка ГТЭ-25ПА с редуктором и турбогенератором мощностью 25 МВт. Данная ГТУ

разработана АО «ОДК-Авиадвигатель» на базе авиационного двигателя ПС-90А2. Система автоматики и управления двигателем позволяет проводить различные виды контроля исправности оборудования, что обеспечивает его долгую эксплуатацию. Конструкция агрегата позволяет в случае необходимости проводить ремонт прямо на месте, не отправляя его на завод-изготовитель. Станции данного типа имеют четыре ГТЭ-25ПА.

Основное оборудование ГТУ-ТЭЦ находится в двух зданиях. Управление всеми технологическими процессами и оборудованием осуществляется автоматически. Компонировка оборудования в зданиях предусматривает горизонтальный выхлоп турбин (см. рис. 1). Это позволило сэкономить средства и силы при строительстве станции.

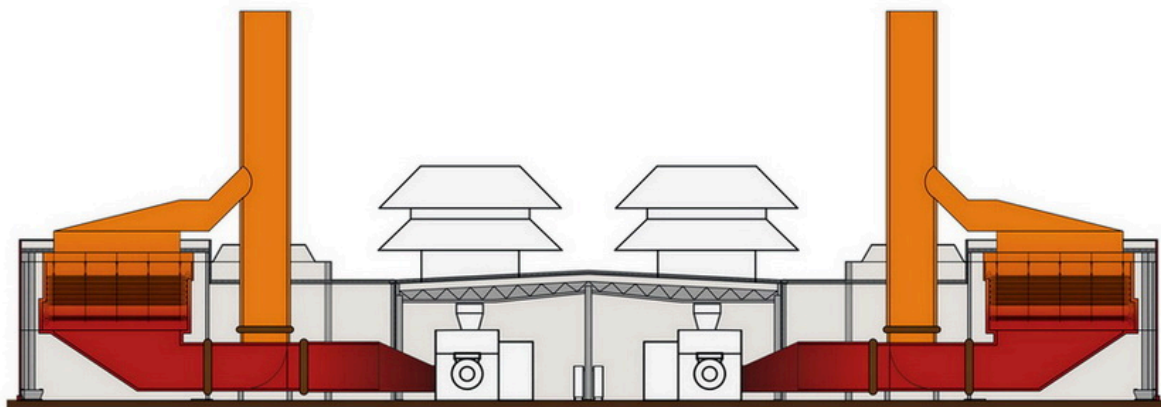


Рисунок 1 – Компоновка энергоблоков с горизонтально направленным выхлопом

Для производства тепловой энергии на станции имеется 4 котла-утилизатора тепловой мощностью 30 Гкал/ч каждый. Они, действуя в сопряжении с ГТУ, способны выдавать до 40 тонн пара в час. Этот пар закачивают в нефтеносные пласты, чтобы сделать нефть менее вязкой и усилить её отдачу.

Поскольку нефтяные месторождения, как правило, удалены от больших городов и источников энергии, на станции предусмотрена своя котельная, которая отапливает помещения и подаёт теплую воду для проведения некоторых технологических процессов.

Для того, чтобы оборудование станции служило как можно дольше, а также для наиболее эффективного сжигания газа необходима качественная подготовка ПНГ перед его подачей в турбину. В состав системы подготовки входит блок подготовки попутного газа (БППГ) и дожимная компрессорная станция (ДКС). В БППГ происходят процессы, позволяющие получить газ такой степени очистки, которая не повредит турбину. Вся работа осуществляется в автоматическом режиме. Пропускная способность БППГ – 24059 м³/ч. ДКС необходима для того, чтобы подать газ в турбину с требуемым давлением. Производительность каждой такой установки рассчитывается таким образом, чтобы соответствовать общему расходу газа всех ГТУ в их обычном режиме работы. Как уже отмечалось ранее, в неочищенном ПНГ имеются жидкие углеводороды, поэтому требуемые параметры топлива достигаются постепенно. В самом конце газ необходимо осушить. Для этого используют метод

рекуперации. Сжатый газ, проходя через теплообменник, отдаёт своё тепло воздуху. При этом его температура понижается, а давление остаётся прежним. Затем с помощью адсорбера удаляется конденсат, и осушенный газ, пройдя через подогреватель, подаётся в турбину с требуемой температурой.

Заключение

Таким образом, использование на месторождениях ГТУ-ТЭЦ является эффективным методом использования ПНГ, позволяющим решить сразу несколько задач. Такая станция позволяет сократить затраты на потребляемые энергоресурсы и уменьшить нагрузку на окружающую среду. Когенерационный цикл станции обеспечивает высокую топливную эффективность, комбинированную выработку электроэнергии и тепла, экономичность объекта. Всё это позволяет сказать, что ГТУ-ТЭЦ – один из уже реально работающих проектов по совершенствованию процесса добычи нефти, который позволяет уменьшить отходы производства в несколько раз.

Литература

1. Попутный нефтяной газ в России: «Сжигать нельзя, перерабатывать!» Аналитический доклад об экономических и экологических издержках сжигания попутного нефтяного газа в России / П.А. Кирюшин, [и др.]. – М: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. – 88 с.
2. Переработка углеводородов природных и попутных газов / С.Ф. Гудков. – Москва, 1960. – 173 с.
3. ГТУ-ТЭЦ на месторождениях – эффективный способ конверсии ПНГ в тепловую и электрическую энергию / Э.С. Зимнухов // Турбины и дизели. – 2022. – № 3. – С. 28–30.

УДК 628.13

**ПРИМЕНИМОСТЬ ИСПАРИТЕЛЕЙ МГНОВЕННОГО ВСКИПАНИЯ НА
ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ
APPLICABILITY OF INSTANT BOILING EVAPORATORS ON WATER
PREPARATION SYSTEMS**

А.Ю. Жолнерович

Научный руководитель – И.А. Некало, ассистент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Zholnerovich

Supervisor – I. Nekalo, assistant
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье рассмотрена возможность использования испарителей мгновенного вскипания в качестве ступени обессоливания водоподготовительных установок энергетических объектов; приведено сравнение удобства эксплуатации, эффективности обессоливания и доступности производства.

Abstract: the articles contains research on instant boiling evaporators applicability as desalination stage of water preparation systems of energy facilities; presented a comparison of ease of exploitation, desalination efficiency and availability of production and purchase.

Ключевые слова: водоподготовка, обессоливание, испарители мгновенного вскипания.

Keywords: water preparation systems, desalination, instant boiling evaporators.

Введение

Энергетические объекты, такие как тепловые электрические станции, использующие в качестве теплоносителя воду, вследствие естественных потерь в цикле оного, вынуждены подпитывать цикл природными водами для обеспечения постоянства расхода теплоносителя. Однако т.к. природные воды содержат в себе широкий спектр примесей различного рода, то для обеспечения надежности работы оборудования цикла требуется организация водоподготовительных систем.

В настоящее время наиболее распространены двух- и трехступенчатые системы водоподготовительных установок (далее – ВПУ), в которых в качестве 2-й и 3-й ступеней используются ионитные фильтры. В данном тезисе рассмотрена перспектива замены ионитных фильтров на испарители мгновенного вскипания (далее – ИМВ).

Основная часть

Принцип работы ИМВ заключается во вскипании воды, подающейся в камеру парообразования с температурой t_b , на несколько градусов превышающей температуру насыщения воды t_s в этой камере [1].

Обессоливаемая вода предварительно нагревается во вне- и внутрикорпусных змеевиках за счет теплоты конденсируемого вторичного пара, вырабатываемого испарителем, а после паром из отбора турбины. Подогрев

обычно проводится до температур от 40 до 100 °С. После этого подогретая вода поступает в камеру испарения, в которой поддерживается давление ниже атмосферного, от 0,08 до 1 атм [2]. Чем выше давление в камере, тем, соответственно, выше должна быть температура обессоливаемой воды на входе в камеру.

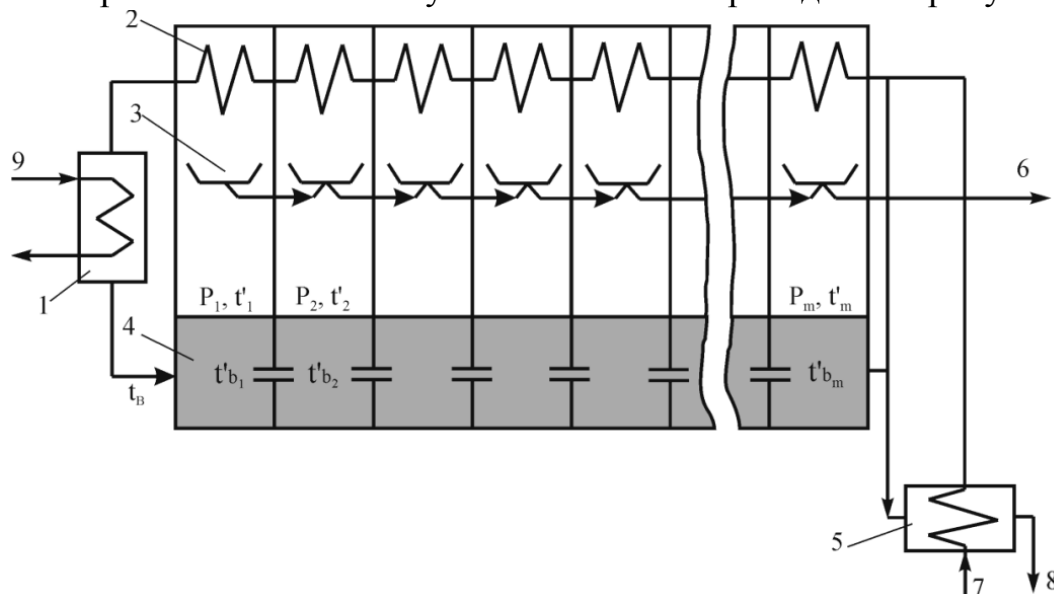
Из-за разности $\Delta t = t_B - t_S \geq 0$, часть воды мгновенно испаряется, поступает в верхнюю часть камеры и конденсируется на змеевике, подогревая подаваемую в камеру воду, после чего частично стекает в устройство сбора конденсата и отводится на нужды блока.

В ИМВ количество вторичного пара не зависит от числа камер, и определяется разницей температур воды на входе в ИМВ и температуры насыщения воды в последней камере $\Delta t_N = t_B - t_{S,N}$, а также расходом добавочной воды. При равных температурных перепадах и расходах, дистиллятопроизводительность одно- и многоступенчатого ИМВ будет схожей, однако затраты теплоты на единицу расхода добавочной воды у многоступенчатого ИМВ будут заметно ниже, что позитивно сказывается на экономичности основного цикла станции [1].

По причине малой эффективности очистки одноступенчатых испарителей, обычно они выполняются многоступенчатыми, с количеством камер до 40. Давление в каждой последующей камере P_{n+1} поддерживается меньшим, чем в предыдущей P_n , чтобы охлажденная в камере n вода, при попадании в следующую камеру снова имела температуру большую, чем температура насыщения воды в этой камере $t_{S,n+1}$. В качестве очищаемой воды в каждой ступени, кроме первой, выступает дренаж предыдущей ступени.

Из последней камеры организуется продувка в объеме 5–10% от расхода подготавливаемой воды G_B .

Схема простейшего многоступенчатого ИМВ приведена на рисунке 1.



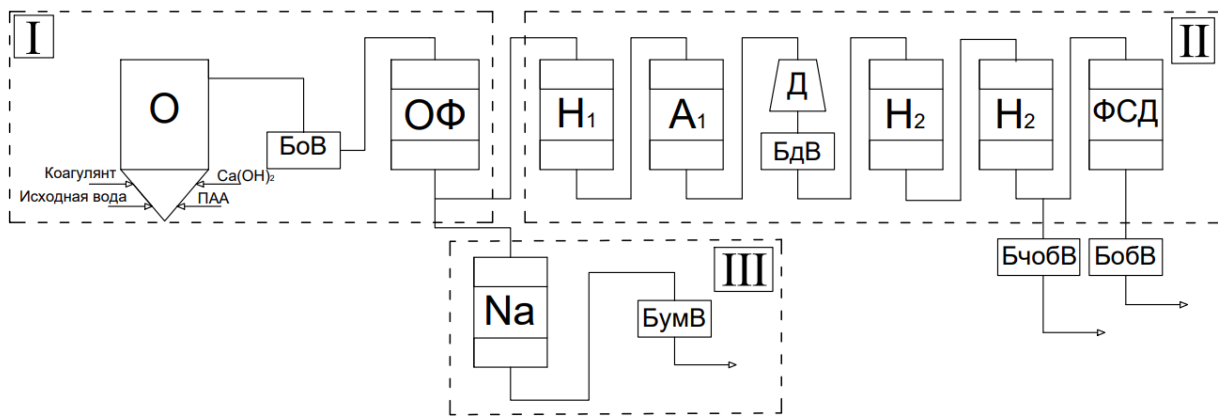
- 1 – теплообменник греющего пара, 2 – змеевик, 3 – устройство для сбора конденсата,
- 4 – водяной объем ступени испарителя, 5 – охладитель продувки, 6 – отвод дистиллята,
- 7 – подвод питательной воды, 8 – продувка, 9 – подвод греющего пара

Рисунок 1 – Схема многоступенчатого испарителя мгновенного вскипания:

Одними из основных преимуществ ИМВ, над испарителями кипящего типа являются во много раз меньшая скорость накипеобразования, вследствие малых температур нагревающих элементов; возможность достижения малых затрат энергии на выработку дистиллята путём увеличения числа ступеней испарения; простота конструкции; меньшая требовательность установки к периодической очистке и обслуживанию (межпромывочный период не более одного раза в 3–4 года); отсутствие опасности поражения персонала острым паром за счет поддержания вакуума в установке, и малых температур в паровом объеме испарителя [1].

Главным недостатком является металлоёмкость конструкции большинства ИМВ, которая, однако, уменьшается в конструкции башенных ИМВ.

На рисунках 2 и 3 приведены схемы стандартной трехступенчатой ВПУ с обессоливанием ионитными фильтрами, и предлагаемая.



I – зона предочистки, II – зона обессоливания, III – зона умягчения, О – осветлитель, ПАА – полиакриламид, ОФ – осветлительный фильтр, Н₁, Н₂ – катионитные фильтра, А₁, А₂ – анионитные фильтра, Д – декабронизатор, Na – натрий-катионитные фильтра, БоВ – бак осветленной воды, БдВ – бак декарбонизированной воды, БумВ – бак умягченной воды, БчобВ – бак частично обессоленной воды, БобВ – бак обессоленной воды

Рисунок 2 – Схема трехступенчатой ВПУ

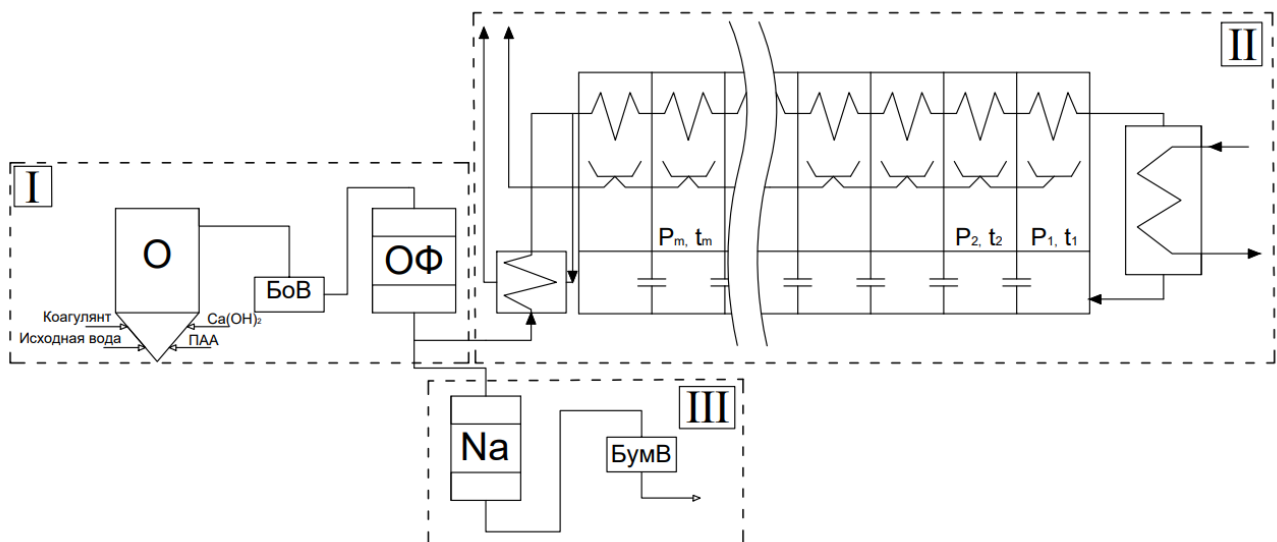


Рисунок 3 – Схема ВПУ с использованием ИМВ

Стандартная схема ВПУ состоит из первой ступени – предочистки, включающей в себя осветлители и осветлительные фильтры, очищающие воду от грубо- и коллоидно-дисперсных примесей, второй ступени – обессоливания на анионитных и катионитных фильтрах, и третьей ступени – обессоливания на фильтрах смешанного действия.

Вода после первой ступени очистки практически полностью очищается от органических, грубых и коллоидных примесей, имеет существенно меньшую концентрацию бикарбонатных ионов HCO_3^- , ионов жесткости Ca^{2+} и Mg^{2+} и свободной углекислоты CO_2 . Однако большая часть истиннорастворенных примесей остается в составе воды, и для их удаления используются ионообменные фильтры. Их принцип действия основан на способности зёрен ионита обменивать противоионы диффузионного слоя матрицы на противоионы примесей, растворенных в воде. Ионообменная смола представляет из себя дисперсную шариковую засыпку с диаметром гранул от 0,3 до 1,5 мм из полимерных материалов, нерастворимых в воде.

При химическом способе из добавочной воды почти полностью удаляются соли жесткости, но при этом хорошо растворимые соли удаляются лишь частично. Щелочность химически очищенной воды может приближаться к нулевой. Наиболее дорогие и сложные устройства необходимы для удаления кремниевой кислоты. Метод глубокого химического обессоливания позволяет получить воду, не уступающую по качеству конденсату турбины.

Т.к. ионообменные смолы являются органическими соединениями, то они являются малостойкими к высоким температурам (некоторые имеют практически нулевую работоспособность и при температурах до 20°C), что обуславливает необходимость тщательного контроля температуры в системе водоочистки [3]. При использовании ионообменных фильтров в системах очистки продувочной воды оборудования основного контура это является проблемой, т.к. ведет за собой необходимость предварительного снижения параметров продувочной воды, что приводит к неизбежным потерям теплоты. Потери частично можно снизить установкой расширителя продувки.

При химическом обессоливании добавочной воды требуется периодическая регенерация ионита, сопровождаемая его отмывкой, а значит производится большое количество дренажа и отмывочных вод, с высокой концентрацией примесей, которые контролируемо сбрасываются в окружающую среду, что является негативным экологическим фактором. В сравнении с химическим обессоливанием, испарители намного менее требовательны к периодическим отмывкам и производят меньшие объемы концентрата продувки (в 2–2,5 раза), который после испарителя представляется возможным направить на установки доупаривания, а после компактировать и утилизировать с минимальным воздействием на экологию [4].

Несмотря на возможность достижения малых затрат энергии на выработку дистиллята путём увеличения числа ступеней испарения, применение термического способа подготовки добавочной воды является менее экономичным как по начальным затратам, так и по эксплуатационным. Также

многоступенчатые испарители усложняют компоновку цеха ВПУ вследствие больших размеров (проблема минимизируется установкой башенных ИМВ) [5].

Преимуществом ИМВ над установками химводоочистки является его многофункциональность. ИМВ одновременно очищает воду от примесей, подогревает ее перед вводом в цикл, а также дегазирует ее, за счет подогрева воды до температуры насыщения. Таким образом в системах термической подготовки добавочной воды не требуется установка деаэратаора или декарбонизатора.

Немаловажным преимуществом ИМВ можно считать простоту обслуживания. Ионитные фильтры периодически (от нескольких часов до нескольких дней) отключаются на регенерацию, что приводит к необходимости установки дополнительной ветви ступени, заменяющей отключаемую. ИМВ же требуют отмывки намного реже, и период ее проведения можно совместить с периодами проведения планово-предупредительных ремонтных работ [5].

Недостатком ИМВ в данный момент является их относительно малая распространённость, что влечет за собой трудности в подборе оборудования, т.к. изготовлением ИМВ занимается малое число предприятий, в числе которых ЭКОТЕХ, ЗАО ИКС А, Техэнергохимпром и др.

Заключение

Результатом анализа можно считать вывод о том, что ИМВ является конкурентной альтернативой ступени ионообменных фильтров в системах водоподготовки энергетических объектов.

Преимущества ИМВ:

- малая требовательность к обслуживанию и большие периоды проведения отмывок;
- отсутствие необходимости точного контроля параметров, т.к. работа установки не прекращается при изменении температурных режимов, а падение параметров в камерах можно компенсировать расходом добавочной воды на испарители;
- простота технологического процесса, отсутствие необходимости подбора реагентов под характеристики исходной воды;
- упрощение схемы ВПУ. Вместо системы из нескольких ветвей, содержащих в себе 2–4 фильтра, устанавливается одно многофункциональное устройство;
- экологичность. ИМВ производят меньшие объемы сбросов в ОС и не требуют использования химически опасных реагентов (кислот, щелочей, солей).

Недостатки ИМВ:

- большие начальные и эксплуатационные издержки;
- уменьшение экономичности основного цикла из-за использования потенциала турбинного пара, и неизбежных его потерь
- металлоемкость и сложность производства.

Литература

1. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС: учеб. пособие / В.А. Чиж, Н.Б. Карницкий, А.В. Нерезько. – Минск: Вышэйшая школа, 2010. – 351 с.
2. Испарители мгновенного вскипания [Электронный ресурс] / Энергосбережение. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015014080/>. – Дата доступа: 01.10.2022.
3. Термическая стойкость ионитов [Электронный ресурс] / Энергосбережение. – Режим доступа: <https://chem21.info/info/912606/>. – Дата доступа: 02.10.2022.
4. Балансы пара и воды на КЭС. Добавочная вода и требования к ней [Электронный ресурс] / Энергосбережение. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/1761676/>. – Дата доступа: 02.10.2022.
5. Evaporators [Электронный ресурс] / Энергосбережение. – Режим доступа: <https://www.thermopedia.com/content/744/>. – Дата доступа: 02.10.2022.

УДК 621.165

**ПРОГРАММА ДЛЯ ПРОЧНОСТНОГО РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ
ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ
PROGRAM FOR THE STRENGTH CALCULATIONS OF STEAM TURBINE
ELEMENTS**

З.В. Ковганов, А.Ю. Какорина

Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Z. Kovganov, A. Kakorina

Supervisor – N. Panteley, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** применение возможностей языка C++ для создания программы расчета. Расчет растягивающих напряжений от центробежных сил. Расчет вала на прочность при кручении и изгибе. Расчет критических оборотов ротора паровой турбины.*

***Abstract:** application of C++ language features to create a program for calculations. Calculation of tensile stresses from centrifugal forces. Calculation of the shaft for torsion and bending strength. Calculation of critical revolutions of the steam turbine rotor.*

***Ключевые слова:** расчет, программа, C++, турбина, ротор, лопатка.*

***Keywords:** calculation, program, C++, turbine, rotor, blade.*

Введение

На каждой тепловой электростанции для выработки электроэнергии происходит преобразование теплоты, выделяющейся при сжигании топлива, в механическую работу, которая используется для вращения вала генератора. Превращение из одной энергии в другую происходит следующим образом. Вода, нагреваясь в котле (за счет сгорания топлива) до высокой температуры, превращается в пар. Этот пар под высоким давлением направляется в турбину, где происходит процесс расширения, и его кинетическая энергия на рабочих лопатках, закрепленных на роторе, преобразуется в механическую работу. Исходя из того, сколько необходимо вырабатывать электроэнергии и тепла (в случае ТЭЦ) для потребителя и нужен ли отпуск пара для промышленности, на станции выбирают необходимые для заданных целей турбины и выполняют соответствующие расчеты.

Основная часть

Одним из важных инженерных расчетов является расчет на прочность. В него входит расчет растягивающих напряжений рабочих лопаток, расчет вала на прочность при изгибе и кручении, а также расчет числа критических оборотов вала турбины.

Расчет на растягивающие напряжения от центробежных сил выполняется в основном для первой и последней ступени в цилиндре (так как они самые нагруженные) по формуле (1) [1]:

$$\sigma_0 = 0,5 \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot d \cdot l_2, \quad (1)$$

где ρ – плотность стали, кг/м³;

ω – угловая скорость вращения ротора, с⁻¹.

Угловая скорость рассчитывается по формуле (2):

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n, \quad (2)$$

где n – количество оборотов вала турбины, с⁻¹.

Максимальное растягивающее напряжение определяется по формуле (3):

$$\sigma_{max} = \sigma_0 \cdot k, \quad (3)$$

где $k = \sqrt{\chi}$ – коэффициент разгрузки (отношение напряжения в корневом сечении лопатки переменного профиля к напряжению в корневом сечении постоянного профиля), χ – отношение площади профилей лопатки в периферийном и корневом сечениях.

Коэффициент запаса прочности при растяжении рассчитывается по формуле (4):

$$k_{зап} = \frac{\sigma_{доп}}{\sigma_{max}}, \quad (4)$$

где $\sigma_{доп}$ – допустимое напряжение для стали, Па.

Таким образом полученный коэффициент запаса прочности должен быть больше 1 и тогда ступень, для которой выполнялся расчет, будет выдерживать растягивающее напряжение.

Расчет вала на прочность при изгибе и кручении выполняется следующим образом [2]. Сперва необходимо узнать крутящий момент на валу по формуле (5):

$$M_k = \frac{N_э}{\omega}, \quad (5)$$

где $N_э$ – электрическая мощность, Вт.

Далее нужно рассчитать суммарный момент при изгибе и кручении по формуле (6):

$$M_{сум} = \sqrt{M_k^2 + M_{и}^2}, \quad (6)$$

где $M_{и}$ – изгибающий момент, Н·м.

Поскольку изгибающий момент очень мал, то им можно пренебречь, следовательно, суммарный момент будет равен крутящему моменту ($M_{сум} = M_k$).

Момент сопротивления вала кручению рассчитывается по формуле (7):

$$W_k = \frac{\pi \cdot d_B^3}{32}, \quad (7)$$

где d_B – диаметр вала, м.

Касательные напряжения при кручении определяются по формуле (8):

$$\tau_k = \frac{M_{\text{сум}}}{2 \cdot w_k} \quad (8)$$

Коэффициент запаса прочности при кручении рассчитывается по формуле (9):

$$k_{\text{зап}}^k = \frac{\tau_{\text{доп}}}{\tau_k}, \quad (9)$$

где $\tau_{\text{доп}}$ – допустимое напряжение для стали, Па.

Коэффициент запаса прочности должен быть больше 1. Если условие выполняется, то вал турбины выдерживает рассчитанные нагрузки при изгибе и кручении.

Определение критического числа оборотов ротора производится по следующим формулам [3].

Сила от веса ротора определяется по формуле (10):

$$G_0 = g \cdot \rho \frac{\pi \cdot d_B^2 \cdot l_B}{4}, \quad (10)$$

где g – ускорение свободного падения (9,8 м/с²);

l_B – длина вала, м.

Момент инерции сечения ротора по формуле (11) равен:

$$I_p = \frac{\pi \cdot d_B^4}{64} \quad (11)$$

Величина статического прогиба ротора определяется по формуле (12):

$$f_0 = \frac{G_0 \cdot l_B^3}{48 \cdot E \cdot I_p}, \quad (12)$$

где E – модуль упругости, Н/м².

Рассчитать критическое число оборотов ротора можно по формуле (13):

$$n_{\text{кр}} = \frac{9,55}{\sqrt{f_0}} \quad (13)$$

Если критическое число оборотов ротора будет меньше эксплуатационного, то такой вал считается гибким, и при запуске турбины необходимо как можно быстрее преодолеть это число (например, подавать большее количество пара).

Для упрощения прочностных расчетов была создана программа, которая позволяет рассчитать необходимые параметры намного быстрее (рисунок 1).

The screenshot shows a software window titled 'TURB' with two main calculation sections. The left section, 'Расчет лопаток на растягивающее напряжение', contains input data for blade calculations and calculated values. The right section, 'Расчет вала на прочность при изгибе и кручении', contains input data for shaft calculations and calculated values. Both sections have a 'Произвести расчет' button at the bottom right, and a 'Выход' button is located at the bottom left of the window.

Section	Parameter	Value
Расчет лопаток на растягивающее напряжение	Исходные данные	
	Число оборотов вала турбины n	3000 об/мин
	Допустимое напряжение стали $\sigma_{\text{доп}}$	760 МПа
	Плотность стали ρ	7850 кг/м ³
	Средний диаметр ступени d	1 м
	Высота лопатки l_2	0,0401 м
Отношение площади профилей лопатки в периферийном и корневом сечениях χ	1	
Расчитанные значения	Максимальное напряжение σ_{max}	15,53401 МПа
	Коэффициент запаса прочности $k_{\text{зап}}$	48,92488
	Кнопка: Выход	
Расчет вала на прочность при изгибе и кручении	Исходные данные	
	Электрическая мощность $N_{\text{э}}$	178,9 МВт
	Диаметр вала $d_{\text{в}}$	0,3 м
	Длина вала $l_{\text{в}}$	5,146 м
	Допустимое напряжение стали при кручении $\tau_{\text{доп}}$	450 МПа
	Модуль упругости E	208 ГН/м ²
Расчитанные значения	Крутящий момент на валу $M_{\text{к}}$	0,569456 МН*м
	Коэффициент запаса прочности $k_{\text{зап}}^{\text{к}}$	4,189340
	Критическое число оборотов $n_{\text{кр}}$	308,1 об/мин
	Кнопка: Произвести расчет	

Рисунок 1 – Внешний вид программы

Для полного расчета необходимо только вписать в соответствующие поля заданные значения и нажать кнопку «Произвести расчет». Программа моментально выдаст все необходимые показатели.

Заключение

Разработанная на языке C++ программа значительно экономит время при прочностном расчете необходимых значений. Также исключается возможность допустить ошибку при расчете вручную. Еще одним преимуществом программы является удобный интерфейс.

Используя все возможности C++, можно создавать любые программы, необходимые для каких-либо расчетов или моделирования сложных процессов.

Литература

1. Расчет цилиндра низкого давления (ЦНД) турбины К-300-240-1 [Электронный ресурс] / расчет цилиндра низкого давления (ЦНД) турбины К-300-240-1. – Режим доступа: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=551530>. – Дата доступа: 30.09.2022.
2. Конструкция, прочность и металлы элементов паровых турбин: Учебник для вузов / А.Н. Смоленский. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1979. – 352 с.
3. Турбины АЭС и ТЭС : курсовое проектирование : учебное пособие / Н.Б. Карницкий, А.В. Нерезько, Н.В. Пантелей. – Минск : Вышэйшая школа, 2019. – 246 с. : ил.

УДК 621.165

**РЕГУЛИРУЕМЫЕ УПЛОТНЕНИЯ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУРБИНЫ
ADJUSTABLE TURBINE FLOW SEALS**

К.А. Мельник, Д.О. Маер

Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

K. Melnik, D. Maer

Supervisor – N. Panteley, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье рассмотрены типы уплотнений проточной части турбины, в частности отдельно описываются регулируемые уплотнения.

Abstract: this article discusses the types of seals in the flow path of the turbine, in particular, adjustable seals are described separately.

Ключевые слова: уплотнения, протечки, КПД, модернизация, лабиринтовые, сотовые, регулируемые.

Keywords: seals, leaks, efficiency, modernization, labyrinth, honeycomb, adjustable.

Введение

С момента создания паровых турбин, инженеры-проектировщики создают новые способы повышения экономичности проточной части цилиндров турбин. Один из способов повышения экономичности - это уменьшение потерь рабочего тела. В проточную часть турбины устанавливают надбандажные, диафрагменные и концевые уплотнения, которые препятствуют протечке пара из цилиндров турбины. Наиболее популярными у отечественных производителей турбин, до сих пор являются прямоточные, гребенчатые, лабиринтовые и сотовые уплотнения. В последнем десятилетии был предложен структурно новый способ уменьшения протечек пара между ротором и статором турбины, так называемые регулируемые уплотнения.

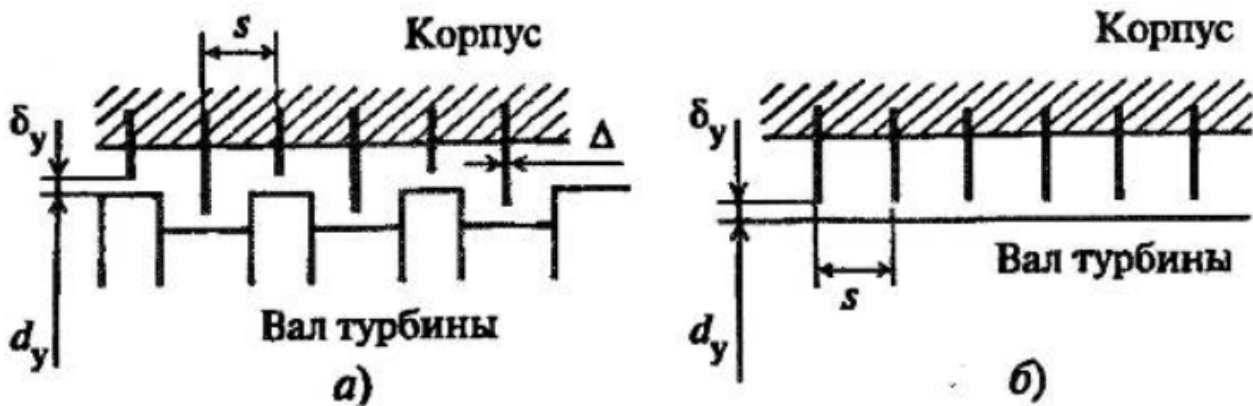
Основная часть

В турбине существуют основные места установки уплотнений, которые делятся по их назначению:

- концевые уплотнения цилиндров турбин;
- диафрагменные уплотнения;
- средние уплотнения (устанавливаются на выходе ротора из внутреннего цилиндра, используются зачастую только в ЦВД);
- надбандажные уплотнения;
- масляные уплотнения;
- и другие.

Наиболее популярными, из-за своей простоты и дешевизны, являются лабиринтовые уплотнения, которые из-за конструктивного исполнения делят: на ступенчатые и на прямоточные. В прямоточных лабиринтовых уплотнениях сужения между ротором и статором выполнено с помощью «гребешков» расположенных на одном уровне по всей длине уплотнения. В ступенчатых лабиринтовых уплотнениях «гребни» имеют разную длину соответственно

впадинам и выступам на роторе турбины. Радиальный зазор при использовании данных типов уплотнений колеблется от 1,0 мм до 3,0 мм и выше.



а – ступенчатые, б – прямоточные

Рисунок 1 – Ступенчатые и прямоточные лабиринтовые уплотнения

К лабиринтовым уплотнениям относятся и уплотнения с так называемыми сотовыми вставками. Применение таких уплотнений позволяет достигать уменьшению зазоров между ротором и статором турбины с 1,5 мм до 0,5 мм, что уменьшает количество протечек пара, и соответственно увеличивает КПД турбины. Но использование данного типа уплотнений, возможно лишь при соблюдении оптимальных конструктивных параметров сотовой структуры с учетом технологии, материала и методов установки в паровых и газовых турбинах.

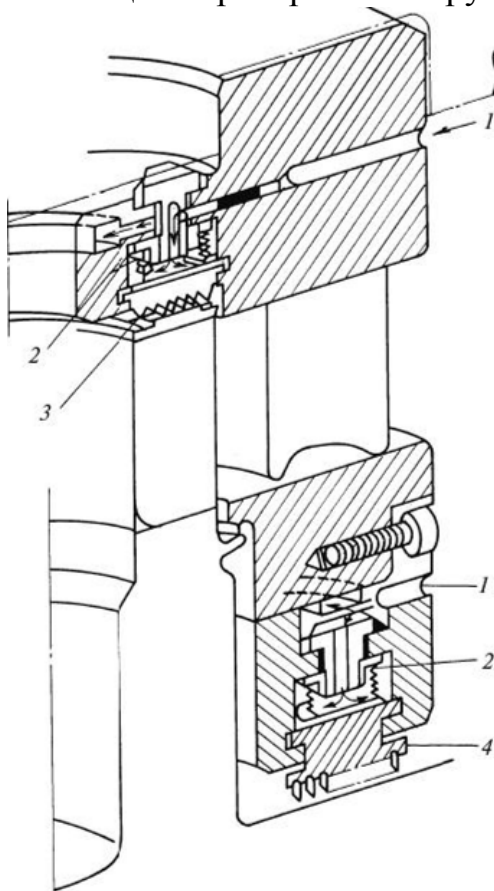


Рисунок 2 – Сотовые диафрагменные уплотнения

Данные виды диафрагменных уплотнений, производимых российскими компаниями, выполняются с установкой плоских пружин, которые в свою очередь прижимают сегменты уплотнения к ротору. Однако при пусках и остановках турбины, при использовании данного типа уплотнений могут возникать задевания гребней о ротор, с их последующей деформацией, что в дальнейшем может вызывать протечки рабочего тела и соответственно уменьшение КПД. В последнее десятилетие большое количество фирм, в

частности General Electric и Toshiba, разработали и используют в своих турбинах регулируемые уплотнения.

Принцип работы данных регулируемых уплотнений заключается в том, что при пуске и остановке паровой турбины, сегменты уплотнений в диафрагмах отжимаются специальными пружинами таким образом, что не происходит задевания сегментов уплотнений ротором. После приведения работы турбины к номинальным параметрам в полость пазов под сегменты уплотнений подается пар с давлением выше, чем в проточной части, и данным паром сегменты уплотнений прижимается к ротору, что уменьшает зазоры до номинального значения. Таким образом, сохраняется целостность сегментов уплотнений и обеспечение минимальных зазоров при работе турбины. Данные уплотнения целесообразно устанавливать на участках вблизи середины пролета ротора, где имеет место максимальное смещение ротора к статору.



1 – подвод пара повышенного давления; 2 – отжимающие пружины; 3 – периферийное (надбандажное) уплотнение; 4 – диафрагменное лабиринтное уплотнение

Рисунок 1 – Разрез турбины с регулируемым уплотнением

В настоящее время при модернизации большинства паровых турбин в постсоветских странах, зачастую лабиринтовые уплотнения заменяют на сотовые, что уменьшает протечки пара через уплотнения, но не решает главную проблему всех лабиринтовых и сотовых уплотнений, а именно задевания уплотнений при пуске и остановке турбины. Что в итоге уменьшает время работы турбины между ремонтами. Более целесообразно модернизировать элементы проточной части турбины, с установкой регулируемых уплотнений. Данная модернизация может быть реализована, без существенного изменения

корпуса турбины российского производства, что упрощает замену старых уплотнений на регулируемые. Кроме исключения деформации уплотнений, данные регулируемые уплотнения совершенствуют аэродинамику паронаводящего тракта, стопорных и регулирующих клапанов, систем паровпуска и выпуска пара из цилиндров, что соответственно стабилизирует поток пара и повышает КПД турбины.

Таблица 1 – Способы экономии топлива в ПТУ

Способ повышения КПД турбины	Экономия топлива, %
Увеличение числа гребней в уплотнениях ступеней	0,50
Использование регулируемых зазоров в уплотнениях	0,35
Организация направленных корневых <u>межвенцовых</u> протечек в ступенях дисковой конструкции	0,60
Всего	1,45

Заключение

Использование регулируемых уплотнений экономически и технически выгодно при модернизации турбин, произведенных российскими заводами. В плюсы использования данных уплотнений можно внести: небольшую стоимость, улучшение аэродинамических характеристик, уменьшение протечек рабочего тела и исключение деформации уплотнений, путем задевания их ротором.

Литература

1. Турбины тепловых и атомных электрических станций: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Костюк [и др.]; под ред. А.Г. Костюка, В.В. Фролова. – М: Издательство МЭИ, 2001. – 488 с.
2. Паровые и газовые турбины для электростанций: учебник для вузов / А.Г. Костюк [и др.]; под ред. А.Г. Костюка. – М: Издательский дом МЭИ, 2016. – 557 с.
3. Применение регулируемых диафрагменных уплотнений в ЧВД и ЧСД [Электронный ресурс] / Применение регулируемых диафрагменных уплотнений в ЧВД и ЧСД. – Режим доступа: https://ozlib.com/857679/tehnika/primenenie_reguliruemyh_diafragmennyh_uplotneniy. – Дата доступа: 10.09.2022.

УДК621.311

**СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПАРОВЫХ
ТУРБИН****MODERN SAFETY CONTROL SYSTEM FOR STEAM TURBINES**

Д.А. Степанов, А.И. Сироткин

Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D. Stepanov, A. Sirotkin

Supervisor – N. Panteley, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: при эксплуатации паровых турбин особое внимание уделяется контролю параметров работы турбины. При большом отклонении таких параметров могут произойти нарушения, представляющие угрозу для паровой турбины, а также для персонала находящегося в цеху. Для предупреждения появления таких ситуаций на паровых турбинах используют систему контроля безопасности.

Abstract: when operating steam turbines, special attention is paid to the control of turbine operation parameters. With a large deviation of such parameters, violations may occur that pose a threat to the steam turbine, as well as to the personnel in the shop. To prevent the occurrence of such situations, a safety control system is used on steam turbines.

Ключевые слова: система контроля безопасности, турбина, клапан, сигнал, сдвиг, расширение, датчик, критерий оценки, авария, безопасность турбины.

Keywords: safety control system, turbine, valve, signal, shift, expansion, sensor, evaluation criterion, accident, turbine safety.

Введение

Система контроля безопасности паровой турбины - важное оборудование контроля, безопасной эксплуатации турбогенератора. Данная система может непрерывно, точно, надежно контролировать изменение важных параметров в процессах пуска, работы и остановки турбогенератора. Например: обороты паровой турбины, осевой сдвиг, относительное расширение, тепловое расширение, эксцентricность, вибрация и т.д.

Основная часть

Система контроля безопасности паровой турбины использует онлайн контрольную систему. Данная система может предоставлять функцию непрерывного онлайн контроля, предназначена для механической защиты и предоставления важной информации для раннего обнаружения механических неисправностей, а также предназначена для контроля некоторых важных параметров турбины. В случае, если эти параметры превышают допустимые предельные значения безопасной эксплуатации турбины, данная система позволяет управляемому ей электромагнитному клапану срабатывать для того, чтобы система потеряла давление масла, закрыла все стопорные клапаны

турбины, осуществила аварийный останов, обеспечила безопасность генератора турбины, избежала расширение аварии.

В основе работы системы контроля безопасности применяется установленная на измеряемой оси впадина или выпуклый ключ называемый знаком ключевой фазы. Вращение данной впадины или выпуклого ключа к месту зонда равно скачкообразному изменению расстояния между зондом и измеряемой поверхностью. Датчик может давать один импульсный сигнал, при вращении на один круг может давать один импульсный сигнал, момент возникновения означает положение оси в период каждого вращения. В связи с тем расчет импульсов позволяет измерить число оборотов. Через сравнение импульсов с сигналами вибрации оси можно определить фазовый угол вибрации, предназначен для анализа динамической балансировки оси, анализа и диагностики неисправностей оборудования.

Рассмотрим некоторые параметры, которые регулирует система контроля безопасности:

- разгон турбины;
- осевой сдвиг ротора;
- абсолютное расширение паровой турбины;
- относительное расширение паровой турбины;
- вибрация оси;
- вибрация подшипников;
- давление масла в подшипниках.

Разгон: турбинный агрегат находится в состоянии высокоскоростного вращения. Его разгон – увеличение числа оборотов выше допустимого значения, может возникнуть при нарушении соединения между отдельными валами турбогенератора, когда с какого-либо из валов снимается нагрузка, либо при отключении электрического генератора от сети. Он зависит от разности крутящего момента и момента сопротивления; чем разность больше, тем больше и разгон. Т.к. запаса прочности материала части ротора не много, а пропорция центробежной силы и квадрата оборотов положительная, разгон паровой турбины в очень короткое время может вызвать серьезную аварию. В связи с тем защита от разгона очень важная для безопасности агрегата.

Осевой сдвиг: т.е. сдвиг по направлению оси. Осевой сдвиг отражает относительное положение вращающейся части и статической части турбины. Изменение осевого сдвига тоже представляет собой изменение относительного положения статора и ротора. В полном холодном состоянии обычно прилегание упорного диска ротора к упорному вкладышу берется за ноль, направление к генератору – положительное, обратное – отрицательное, расстояние сдвига ротора паровой турбины по осевому направлению называется осевым сдвигом.

Абсолютное расширение: под седлом переднего подшипника установлен один продольный штифт на осевой центральной линии между седлом переднего подшипника и фундаментной плитой. Допускается осевое свободное расширение седла переднего подшипника, ограничение поперечного сдвига. Расширение цилиндра высокого, среднего давления приводит седло переднего подшипника к расширению вперед. Сдвиг седла переднего подшипника

выражает сумму расширения вперед цилиндров высокого, среднего давления и цилиндра низкого давления, это называется абсолютным расширением.

Относительное расширение: разность теплового расширения между цилиндром и ротором называется относительным расширением (разностью расширения). То, что осевое расширение больше, чем значение расширения цилиндра, называется разностью положительного расширения. Обратное называется разностью отрицательного расширения. Разность расширения означает изменение осевого зазора двигающейся части и статической части турбины и превышение установленного значения. Это может вызывать потерю осевого зазора двигающейся части и статической части, возникновение трения, вибрацию агрегата, изгиб основного вала и излом лопаток, и прочие аварии.

Вибрация оси: вибрация ротора, радиальная вибрация ротора. Вибрация ротора разделяется на относительную вибрацию и абсолютную вибрацию. Вибрация ротора относительно поверхности земли, измеренная контактным датчиком (например, датчик скорости), представляет собой абсолютную вибрацию. Вибрация ротора относительно седла подшипника, измеренная неконтактным датчиком, представляет собой относительную вибрацию, или абсолютная вибрация ротора, измеренная комбинированным датчиком, который состоит из одного неконтактного датчика и одного инерционного датчика.

Вибрация вкладыша: т.е. вибрация седла подшипника, сокращённое название: вибрация подшипника. Данная вибрация применяет двойное амплитудное значение седла подшипника (две амплитуды), на которое опирается ротор, в качестве критерия оценки. Критерий оценки применяет максимальное значение из значений вертикальной вибрации, горизонтальной вибрации, осевой вибрации седла подшипника в качестве основания оценки.

Давления масла подшипников: Для подшипников требуется большое количество масла, поскольку вращающаяся шейка образует масляный клин между собой и подшипником, который выдерживает вес ротора и предотвращает контакт металла с металлом. Упорный подшипник также формирует масляные клинья таким же образом, используя плавающие накладки против буртика на валу. Поэтому снижение уровня масла в подшипниках, приводит к падению давления масла в них, из-за чего возникают нарушения в их работе, которые могут привести к аварии турбины. В связи с этим регулирование уровня давления масла в подшипниках, которое осуществляется системой контроля безопасности, является важным элементом в работе турбины.

Для предотвращения возникновения аварии на современных турбинах применяют цифровую электро-гидравлическую регулируемую систему. Контрольная среда гидравлической регулирующей системы – форфориловое огнестойкое масло. Подача форфорилового огнестойкого масла целому комплекту гидравлической системы управления осуществляется отдельным устройством подачи огнестойкого масла высокого давления. Подача механического предохранительного масла (турбинное масло) осуществляется центробежным главным масляным насосом. Каждый паровпускной клапан оборудован исполнительным механизмом с целью управления открытием и закрытием клапана. При этом сервомотор главного парового клапана высокого

давления – двухпозиционный исполнительный механизм типа выключателя; сервомотор регулирующего клапана высокого давления и сервомотор низкого давления – непрерывный исполнительный механизм типа сервопривода. Рабочая жидкость для всех сервомоторов – огнестойкое масло высокого давления. Для главного сервомотора высокого давления и регулирующего сервомотора высокого давления подача масла осуществляется с одной стороны, т. е. открытие клапана проводится с помощью давления жидкости (огнестойкого масла), закрытие – пружинной силой. Для сервомоторов среднего и высокого давления – с обеих сторон, т.е. включение - отключение проводится с помощью гидравлической силы. Система контроля безопасности паровой турбины может закрыть все паровые клапаны в случае, если рабочие параметры превышают предельные значения. В аварийных случаях система осуществляет аварийный останов турбины с целью обеспечения безопасности турбины.

Заключение

Выявление изменения рабочих параметров выше их предельного значения позволяет предоставить данные для системы регулирования, с целью предотвращения возникновения аварии, а также контроль этих параметров позволяет обеспечить безопасную работу турбины и оборудования, работающего в связке вместе с ней.

Литература

1. Турбины тепловых и атомных электрических станций: учебник для вузов / А.Г. Костюк [и др.]; под ред. А.Г. Костюка, В.В. Фролова. М: Издательство МЭИ, 2001. – 488 с.
2. Регулирование и защита паровых турбин / В.Н. Веллер. – М: Энергоатомиздат, 1985. – 104 с.

УДК 621.182

**СПОСОБ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КОРРОЗИОННОЙ
ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ТЕПЛОСЕТЕЙ
METHOD FOR PREVENTING CORROSION DAMAGE OF HEATING
NETWORKS**

К.А. Мельник

Научный руководитель – Л.А. Тарасевич, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г.Минск

K. Melnik

Supervisor – L. Tarasevich, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в статье рассмотрена технология предотвращения возникновения атмосферной коррозии стальных труб теплосетей центрального теплоснабжения.*

***Abstract:** the article considers the technology for preventing the occurrence of atmospheric corrosion of steel pipes of district heating networks.*

***Ключевые слова:** тепловые сети, теплопровод, стальные трубы, вентиляция, влажность.*

***Keywords:** in heating networks, heat pipeline, steel pipes, ventilation, humidity.*

Введение

В настоящее время тепловые сети являются неотъемлемой частью энергосистемы любой страны, что поднимает вопрос о предотвращении коррозии тепловых сетей. Тепловые сети, являются одной из составляющей системы централизованного теплоснабжения, которая представляет собой инженерные сооружения, предназначенные для транспортировки теплоты от станций или котельных к потребителям. Основная составляющая всех тепловых сетей – это стальные трубы, которые соединяются с помощью сварки. Стальные трубы, используемые в тепловых сетях не удовлетворяют в полной мере всем требованиям, предъявляемых к ним, однако простота и надежность исполнения сварных соединений обеспечили им свою отдельную нишу в применении на тепловых сетях. Основная проблема использования стальных теплопроводов – это коррозия, которая уменьшает надежность эксплуатации данных тепловых сетей.

Основная часть

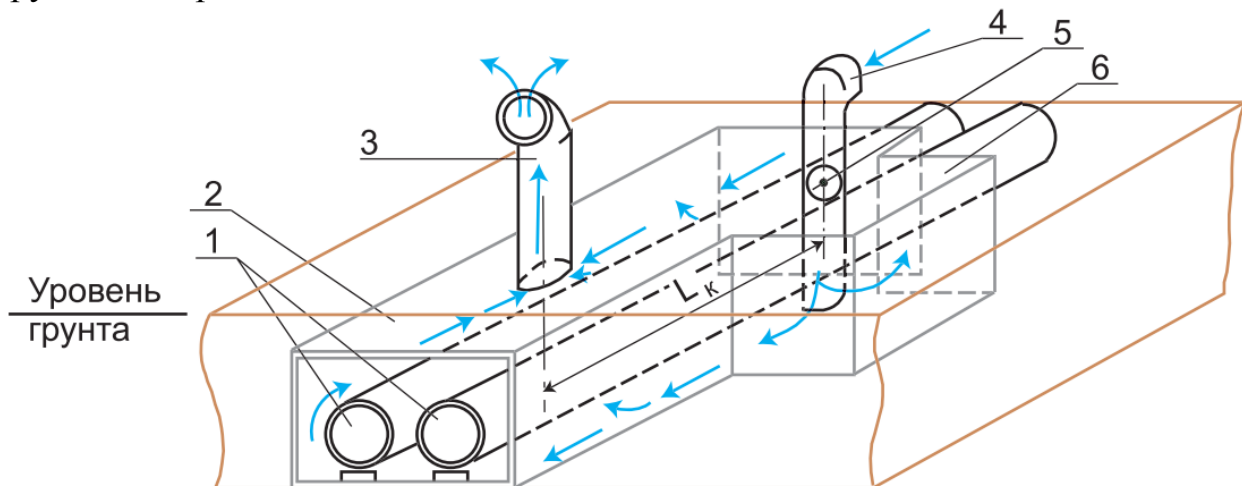
Коррозию тепловых сетей вызывают такие причины как:

- влияние влаги;
- низкое качество сварных стыков;
- плохое качество гидроизоляции;
- эксплуатация тепловых сетей, сверх нормы заложенной при строительстве.

Эффективным способом снижения коррозии теплопроводов является воздушная вентиляция каналов подземных тепловых сетей. Данная вентиляция осушает каналы, в которых находится трубопровод, тем самым снижая в них

влажность воздуха и повышая температуру точки росы, что препятствует выпадению конденсата на ограждающих поверхностях канала. В обычных неветилируемых каналах влажность может достигать до 100%, что в сочетании с высокой температурой, способствует возникновению коррозии. В тоже время, снижение влажности воздуха до 70% может снизить скорость атмосферной коррозии (проходящей в присутствии окислителя O_2) в 1,5–2 раза, что благоприятно сказывается на времени работы тепловых сетей до следующего планового ремонта.

Вентиляцию каналов теплосетей могут выполнять с естественной и принудительной вентиляцией. При естественной вентиляции используют свойства разности плотностей приточного и вытяжного воздуха, а также разницу установки приточно-вытяжных устройств, что в свою очередь создает циркуляцию. Для борьбы с атмосферной коррозией также могут применять повышение температуры сетевой воды. Температуру сетевой воды повышают для выполнения периодической сушки теплоизоляции теплопровода, что способствует поддержанию низкой влажности воздуха в канале. Данную сушку невозможно производить на всех видах теплопроводов, например такую сушку не удастся осуществить в теплопроводах с пенополиуретановой изоляцией или наружной гидрозащитой полиэтиленовой оболочкой.



- 1 – подающий и обратный трубопроводы; 2 – непроходной канал тепловой сети;
 3 – вытяжная шахта; 4 – заборная шахта; 5 – регулирующая заслонка; 6 – карман для размещения заборной шахты (выполняется при невозможности устройства шахты в канале);
 L_k – длина вентиляруемого участка канала

Рисунок 1 – Организация естественной вентиляции канала тепловой сети

Для модернизации старых тепловых сетей с помощью данных технологий, нужно учитывать ряд требований, таких как:

- приточные шахты должны достигать до подола канала;
- высота приточных шахт должна быть над поверхностью земли 0,5–0,7 м (для исключения забора ливневых вод и улучшения тяги);
- для исключения притока холодного воздуха и конденсации влаги в холодные времена года, в приточной шахте должна устанавливаться регулирующая заслонка.

Заключение

Установка данных ТГУ увеличивает технико-экономические характеристики предприятия, путем преобразования энергетических потерь на транспортировку газа из пункта выработки в пункт использования.

Литература

1. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения / Б.В. Яковлев. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 448 с.
2. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей [Электронный ресурс]. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей / – Режим доступа: https://otherreferats.allbest.ru/manufacture/01055550_0.html. – Дата доступа: 11.10.2022.

УДК 62-176.2

ТЕПЛОВАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ НЕБОЛЬШОЙ
МОЩНОСТИ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ РЕНКИНА
SMALL CAPACITY THERMAL POWER PLANT OPERATING ON THE
ORGANIC RANKINE CYCLE

З.В. Ковганов, Е.В. Таранко

Научный руководитель – Е.В. Пронкевич, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Z. Kovganov, E. Taranko

Supervisor – E. Pronkevich, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: описание работы электростанции на органическом цикле Ренкина. Преимущества и недостатки органического цикла по сравнению с обычным циклом.

Abstract: the description of power station performance on the organic Rankine cycle. Advantages and disadvantages of organic cycle in comparison with a regular cycle.

Ключевые слова: электрическая станция, органический цикл Ренкина (ОРЦ), термическое масло (термомасло), силиконовое масло, контур.

Keywords: power station, organic Rankine cycle (ORC), thermal oil, silicone oil, contour.

Введение

Для выработки электроэнергии необходимо преобразовывать тепловую энергию в механическую, которая необходима для вращения генератора (Г). Тепловая энергия в свою очередь образуется путем сжигания различных видов топлива в паровом котле (ПК), где происходит процесс передачи тепла теплоносителю. В классическом цикле Ренкина в качестве теплоносителя применяется вода. Ее разогревают до высоких температур и образовавшийся в результате нагрева пар направляется в турбину (Т), где и происходит преобразование тепловой энергии в механическую. Далее отработанный в турбине пар направляется в конденсатор (К), где вновь преобразовывается в воду, которая потом с помощью насоса (Н) снова идет в паровой котел [1].

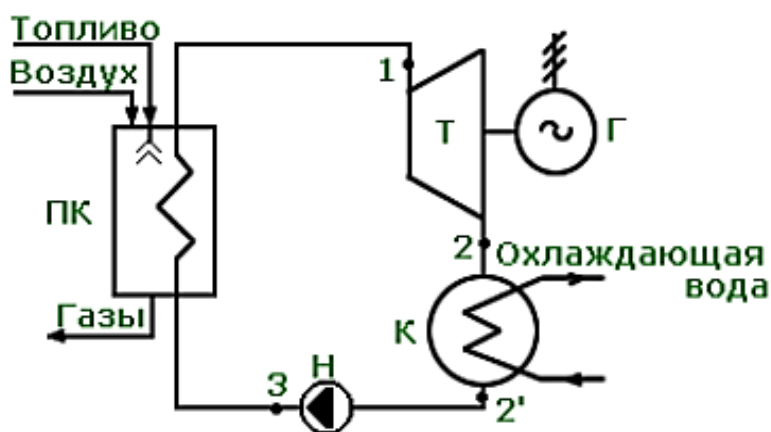


Рисунок 1 – Цикл Ренкина

Органический цикл отличается от обычного только рабочей средой. В ОРЦ в качестве теплоносителя используется специальная жидкость (силиконовое масло), у которой точка кипения ниже, чем у воды, а следовательно, и количество тепла, необходимое для образования пара, используется меньше, что является преимуществом.

Основная часть

В качестве топлива на станции можно использовать торф либо щепу, у которых теплота сгорания невысока (примерно на 10 МДж/кг меньше, чем у каменного угля [2]), либо их смесь, поскольку в ОРЦ используется меньшее количества тепла для перехода жидкости в пар. А так как стоимость щепы и торфа меньше, чем стоимость угля или природного газа, то расходы на покупку топлива снижаются.

Для отпуски тепла потребителю на станции лучше всего использовать двухконтурную систему с двумя теплоносителями. В одном цикле используется термомасло, во втором – силиконовое масло (рисунок 2).

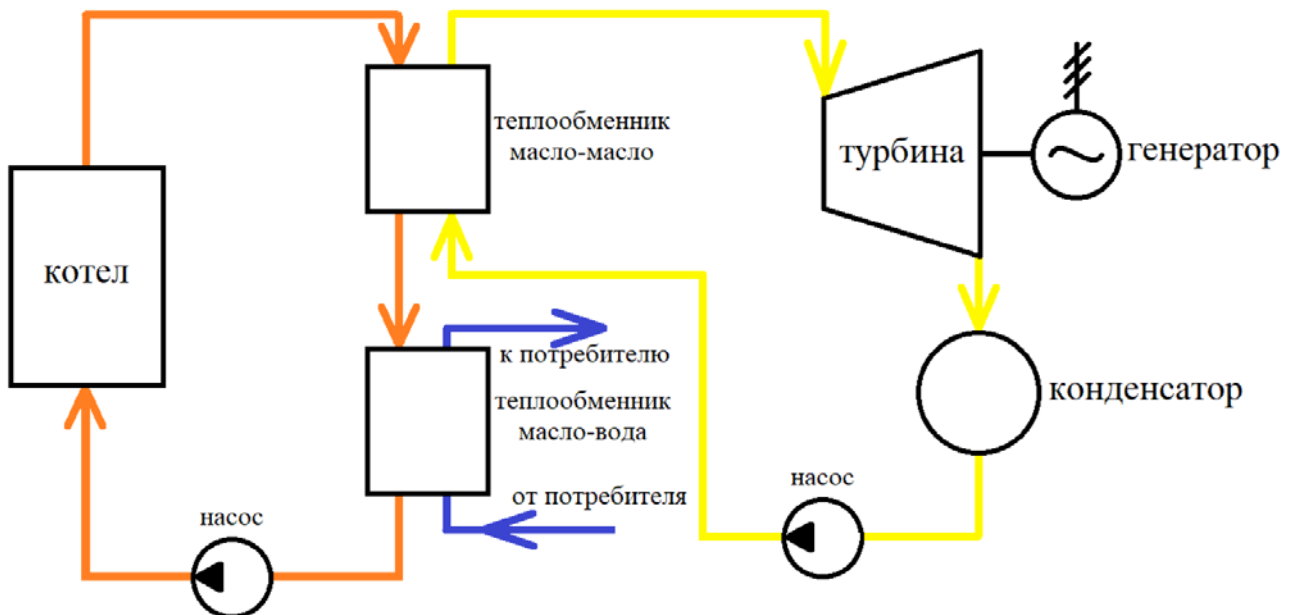


Рисунок 2 – Двухконтурная система электростанции

В первом контуре нагретое до необходимой температуры термомасло циркулирует по теплообменникам для нагревания других сред: силиконового масла (во втором контуре) и воды (для отпуски тепла потребителю). Для компенсации температурного расширения термомасла необходима установка расширительной емкости, в которой оно будет храниться и пополнять систему в случае разгерметизации трубопровода.

Теплообменник типа масло-масло греет циркулирующее в контуре с турбиной силиконовое масло, чтобы поддерживать необходимое количество оборотов турбины и, следовательно, выработку электроэнергии, идущей на собственные нужды и потребителю. А теплообменник типа масло-вода греет до необходимой температуры очищенную от коррозионных сред воду, циркулирующую по городу. Ее очистку можно производить химическим

способом с помощью специальных реагентов. Отдав свое тепло, вода вновь идет на станцию, где снова нагревается и осуществляется компенсация ее потерь.

Заключение

Использование силиконового масла и термомасла значительно упрощает конструкцию электростанции. Термомасло по сравнению с водой имеет в несколько раз меньшее давление при нагреве до определенной температуры, а это положительно сказывается на безопасности и эксплуатации трубопровода. Также, использование масла не вызывает коррозию металла и не требует в своей схеме деаэраатора. Еще одним плюсом является более продолжительный срок службы турбины, поскольку расширение пара заканчивается в сухой зоне и, следовательно, не возникает эрозии лопаток. Однако есть и минусы: при возникновении возгорания загорится и масло, и пожар будет труднее потушить. Но, при наличии различных систем защиты, это маловероятно. Такого типа станции небольшой мощности эффективнее, проще в обслуживании и безопаснее, чем классические, которые работают на водяном паре.

Литература

1. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок: учебное пособие для вузов по направлению «Теплоэнергетика» / А.А. Александров. – М: Изд-во МЭИ, 2004. – 158 с.
2. Виды топлива для твердотопливных котлов и сравнительная таблица их теплотворной способности [Электронный ресурс] / виды топлива для твердотопливных котлов и сравнительная таблица их теплотворной способности. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/science/Oborudovanie-uslugi-materialy/331575-vidy-topliva-dlya-tverdotoplivnykh-kotlov-i-sravnitel'naya-tablitsa-ikh-teplotvornoj-sposobnosti/>. – Дата доступа: 29.09.2022.

УДК 621.181

**ТЕПЛОВЫЕ ПОТОКИ В ТОПКАХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ ПРИ
СЖИГАНИИ МАЗУТА
HEAT FLOWS IN FURNACES OF STEAM BOILERS DURING FUEL
COMBUSTION**

Г.В. Алимов, П.А. Болбас, А.Д. Яковенко

Научный руководитель – Н.Б. Карницкий, д.т.н., профессор
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

G. Alimov, P. Bolbas, A. Yakovenko

Supervisor – N. Karnitsky, Doctor of technical sciences, Professor
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в статье рассматриваются тепловые потоки в топках паровых котлов при сжигании мазута.*

***Abstract:** the article deals with heat flows in the furnaces of steam boilers during the combustion of fuel oil.*

***Ключевые слова:** паровой котёл, топливо, топка, мазут.*

***Keywords:** steam boiler, fuel, furnace, fuel oil.*

Введение

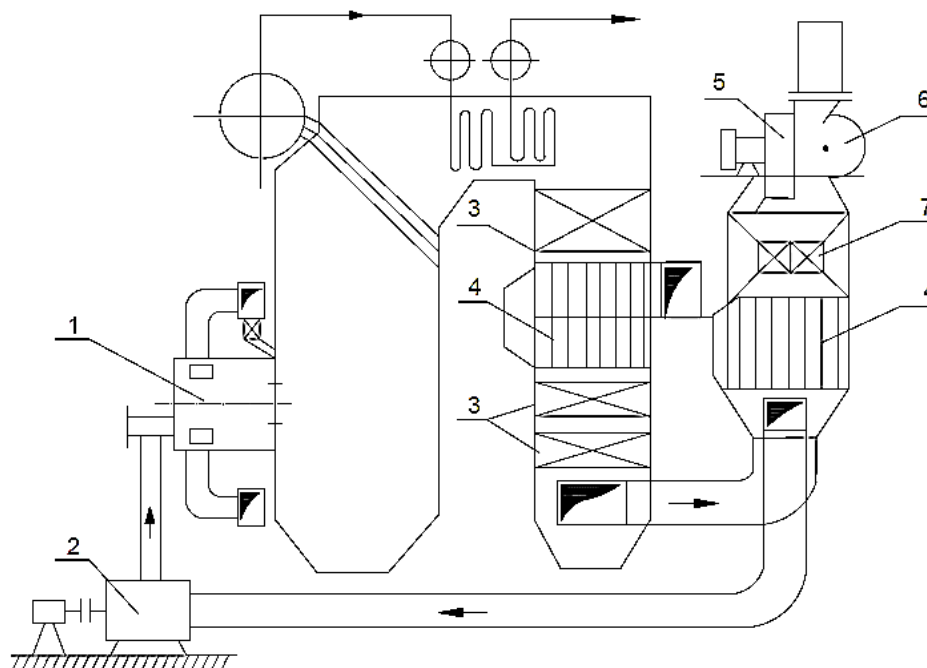
В качестве объекта исследования – стал паровой котел среднего давления производительностью 25 кг/с горизонтальными циклонными предтопками.

Основные расчетные параметры котла:

- производительность – 25 кг/с;
- давление перегретого пара – 3,68 МПа;
- температура перегретого пара – 713 К (440°C).

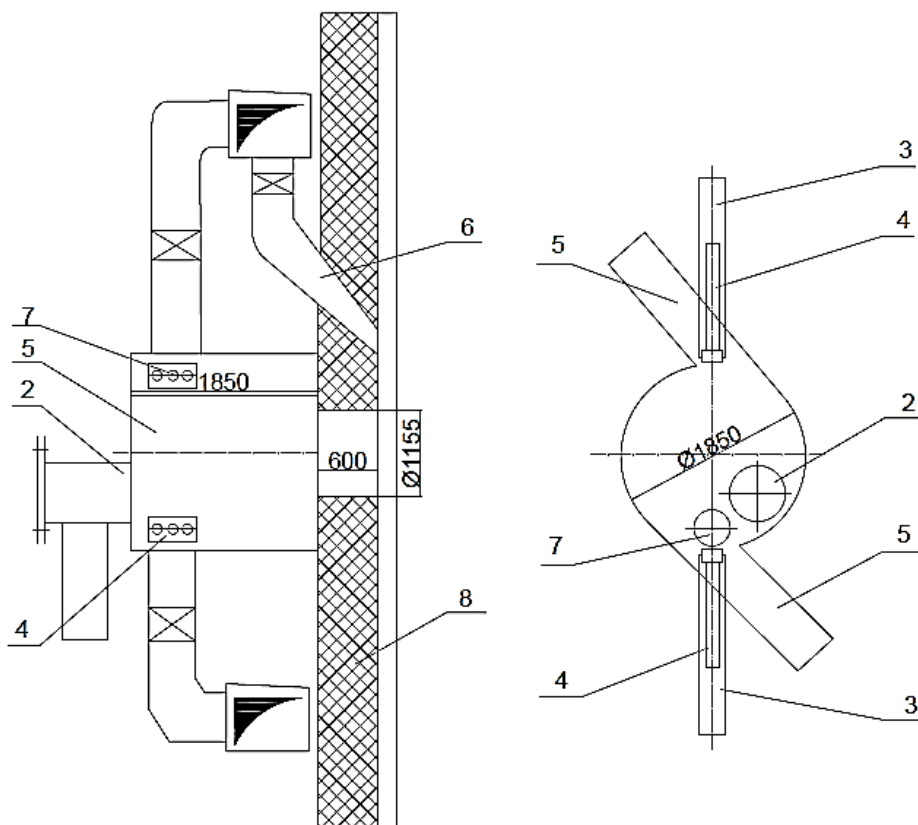
Основная часть

С целью повышения надежности и экономичности работы котлоагрегата восемь турбулентных комбинированных горелок заменены двумя газомазутными циклонами. Схема реконструированной котельной установки изображена на рис. 1. Два газомазутных циклона единичной производительностью по мазуту 0,974 кг/с установлены на фронтальной стене топки на отметке 8,5 м. Циклоны экранируются трубами диаметром 32 x 6 мм из стали 12Х1МФ, частично трубами такого же диаметра из стали 20. Внутренний диаметр циклона $D_{ц} = 1,85$ м, отношения длины и сопла циклона к диаметру: $L_{ц}/D_{ц} = 1$ м, $d_{с}/D_{ц} = 0,575$. Схема установки циклона и подвода воздуха, мазута, природного газа и газов рециркуляции представлена на рисунке 2.



1 – циклонный предтопок; 2 – дымосос рециркуляции; 3 – водяной экономайзер;
4 – трубчатый воздухоподогреватель; 5 – дутьевой вентилятор; 6 – основной дымосос котла;
7 – калориферная установка

Рисунок 1 – Схема котла среднего давления с циклонными предтопками



1 – камера циклонного предтопка; 2 – газоход рециркуляции; 3 – газовые сопла; 4 – мазутные форсунки; 5 – воздушное сопло; 6 – сопло вторичного воздуха; 7 – лючок для ввода запальника; 8 – фронтальная стена топки

Рисунок 2 – Схема установки циклонного предтопка и подводов воздуха, мазута, природного газа и газов рециркуляции

Была предложена методика планирования экспериментов по определению падающих тепловых потоков и обработки полученных результатов. Сложность и трудоемкость исследования процессов теплообмена вызваны многочисленностью влияющих факторов. Традиционные методики исследования основываются на поочередном варьировании отдельных независимых переменных при сохранении постоянства других. В этом случае даже значительное увеличение числа учитываемых факторов не дает реальной возможности достаточно полного изучения объекта исследования и получения достоверной математической модели для описания исследуемого явления. Проведение исследований с применением математических методов планирования и анализа эксперимента позволяет повысить качество эксперимента [1].

Метод планирования эксперимента, в частности регрессионный, служит для нахождения по результатам эксперимента связи выходной характеристики процесса с факторами, которые влияют на неё. Задача состоит в том, чтобы выявить, какие внешние и внутренние факторы оказывают существенное влияние на процесс, какова степень этого влияния. На процесс формирования тепловых потоков оказывают влияние ряд факторов, такие как, нагрузка котла, коэффициент избытка воздуха, степень рециркуляции дымовых газов, расположение горелочных устройств, доля вторичного воздуха и т.п.

Поскольку каждый из этих факторов по-разному воздействует на величину тепловых потоков, необходимо выбрать определяющие факторы. В связи с тем, что распределение тепловых потоков как по высоте, так и по ширине топки нелинейно, использована модель второго порядка, при этом функция цели аппроксимируется полиномом второго порядка.

$$y = B_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{i-1} b_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

В период наладочных опытов было установлено, что доля вторичного воздуха при характерных нагрузках котла с циклонными предтопками не оказывает существенного влияния на величину падающих тепловых потоков, поэтому этот фактор был отброшен как несущественный. Таким фактором, как расположение горелочных устройств невозможно варьировать, поэтому он принимается постоянным и в уравнении не вводится.

В итоге, после проведенного анализа значимости факторов для исследования поверхности отклика получена функция четырех переменных.

$$y = q_{\text{пад}} = f_1(D_{\text{пе}}, \alpha''_{\text{пп}}, \bar{H}, r) \quad (2)$$

Зависимость использовалась для получения аналитической зависимости по определению тепловых потоков по высоте топки при циклонном сжигании газа и мазута на котле среднего давления. Диапазон изменения факторов в уравнении устанавливался исходя из следующих соображений. Известно, что нагрузка котла может изменяться от минимально допустимой (по условиям циркуляции) до максимальной, т.е. в данном случае от 17,6 до 25 кг/с. Коэффициент избытка воздуха может изменяться от критического до максимального, значение которого ограничено экономическими соображениями. При сжигании мазута

предел варьирования коэффициент избытка воздуха составлял 1,05...1,15, для природного газа – 1,03...1,15.

Относительная высота топки \bar{H} может изменяться от 0 до 1, но из практических соображений пределы выравнивания выбраны 0,48 до 1,0 (рисунок 3). Степень рециркуляции дымовых газов в циклонные предтопки выбирались прежде всего по условиям снижения выбросов оксидов азота, поэтому диапазон изменения γ выбран от 1,7 до 17,1%. Окончательные итоги сведены в таблице 1 для случая циклонного сжигания мазута и в таблице 2. при сжигании природного газа.

Схема расположения измерительных лючков приведена на рисунке 3.

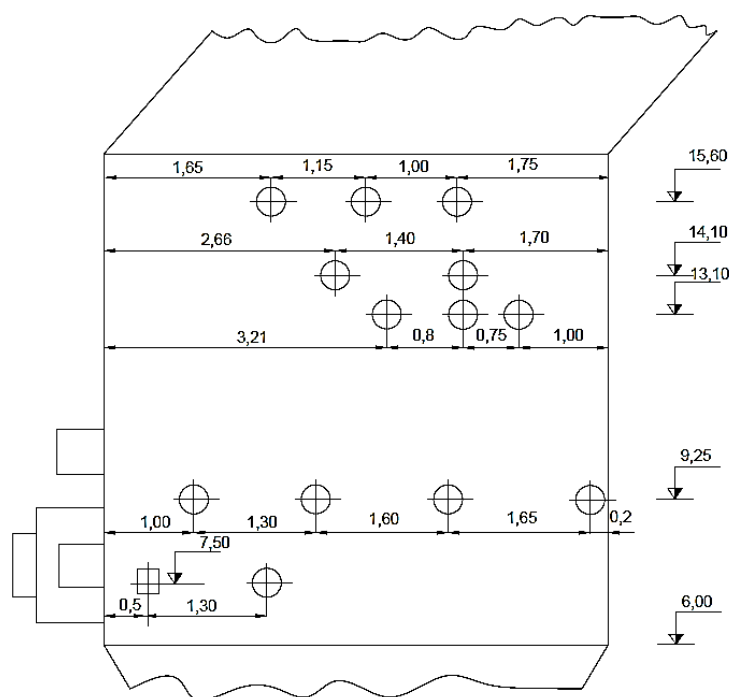


Рисунок 3 – Схема расположения измерительных лючков на правой боковой стене топочной камеры парового котла среднего давления производительностью 25 кг/с ($H_T = 15,60$ м)

Таблица 1 – Уровни варьирования факторов при циклонном сжигании мазута

Уровни	Факторы			
	$x_1 - D_{пе},$ кг/с	$x_2 - \alpha''_{пп}$	$x_3 - \bar{H}$	$x_4 - \gamma,$ %
-1	17,6	1,05	0,48	1,7
0	21,3	1,1	0,74	9,4
1	25,0	1,15	1,00	17,1

Таблица 2 – Уровни варьирования факторов при циклонном сжигании газа

Уровни	Факторы			
	$x_1 - D_{пе},$ кг/с	$x_2 - \alpha''_{пп}$	$x_3 - \bar{H}$	$x_4 - \gamma,$ %
-1	17,6	1,03	0,48	1,7
0	21,3	1,09	0,74	9,4
1	25,0	1,15	1,00	17,1

$$y = q_{\text{пад}} = f_2(q_V, \alpha''_{\text{пп}}, \bar{H}) \quad (3)$$

Выбор плана эксперимента производился из соображений обеспечения высокой точности в оценке коэффициентов регрессии при незначительном числе опытов.

Для планирования эксперимента на четырех уровнях пользовался план B_4 , который близок к непрерывному D-оптимальному плану по величине определителя информационной матрицы, средней дисперсии, но превосходит последний по значению максимальной дисперсии. Если учесть, что число точек плана составляет $N = 24$ против 72 D-оптимального плана, то понятно преимущество плана B_4 [2].

Обработка планов и экспериментальных зависимостей произведена методом наименьших квадратов (МНК) по типовым программам.

Адекватность принятых регрессионных моделей проверялась с помощью критерия Фишера. Значимость коэффициентов уравнений регенерации определялась по критерию Стьюдента. Однородность дисперсий проверялась по критерию Кохрена [3].

Переход от кодированных факторов к натуральным величинам осуществлялась с использованием зависимости [4].

$$x_i = \frac{C_i - C_{oi}}{\Delta C_i}, \quad (5)$$

где: x_i – кодированная переменная;

C_i – натуральное значение фактора;

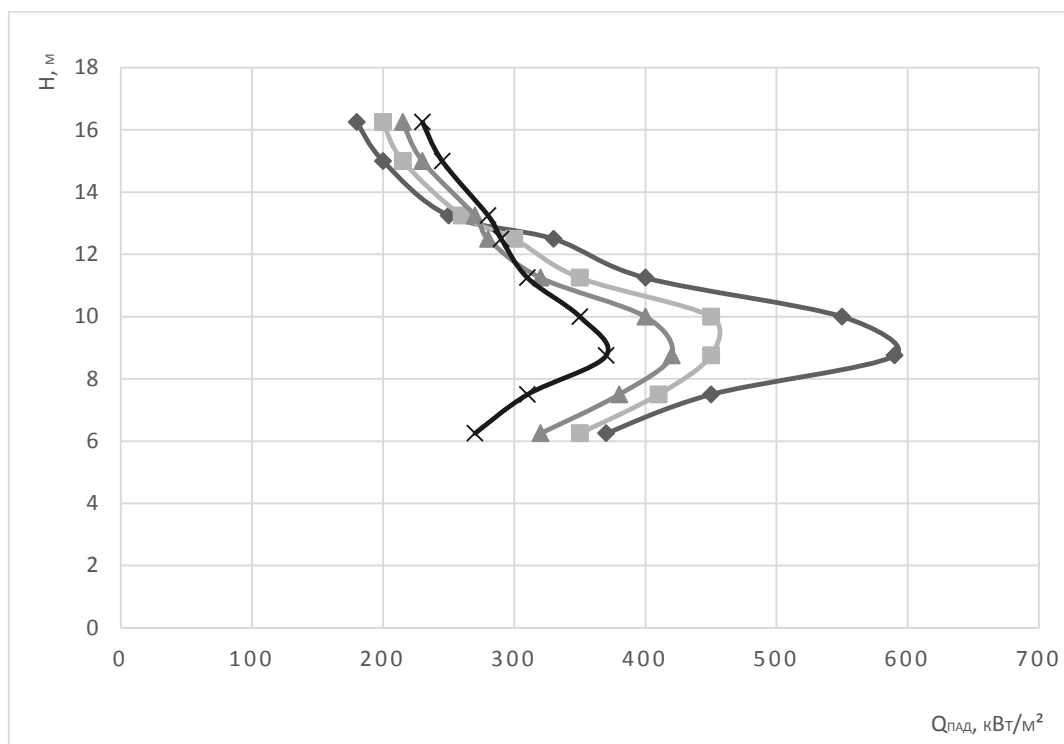
C_{oi} – натуральное значение основного уровня;

ΔC_i – интервал варьирования.

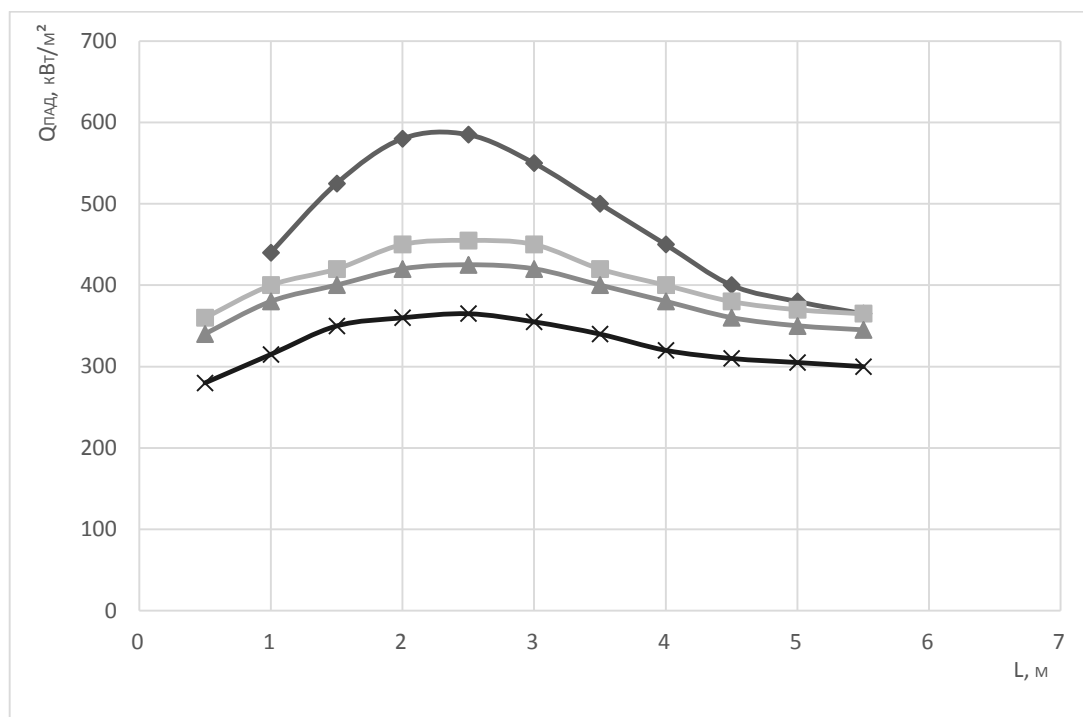
В результате проведенных измерений построены графики распределения подающих тепловых потоков по высоте и глубине топки на нагрузке котла, равной 23,61 кг/с (рисунки 4, 5).

На них приведены данные котла с горелками (до реконструкции) и с циклонными предтопками (после реконструкции).

Для получения расчетной зависимости величины падающих тепловых потоков от нескольких факторов использован метод планирования эксперимента с применением плана B_4 . Матрица плана и обработка данных приведена в таблице 3. В результате получено уравнение регрессии, которое позволяет рассчитывать $q_{\text{под}}$ в зависимости от нагрузки, коэффициента избытка воздуха, степени рециркуляции и относительной высоты топки, существенно сократив число экспериментов.



1 – горелочный способ сжигания ($\alpha''_{пп} = 1,02$), 2 – циклонный способ сжигания при отключенной рециркуляции ($\alpha''_{пп} = 1,07$), 3 и 4 – циклонный способ сжигания при степени рециркуляции дымовых газов 8% и 17% соответственно ($\alpha''_{пп} = 1,07$)
 Рисунок 4 – Распределение падающих тепловых потоков по высоте топки при сжигании мазута. Нагрузка котла – 23,61 кг/с.



1 – горелочный способ сжигания ($\alpha''_{пп} = 1,02$), 2 – циклонный способ сжигания при отключенной рециркуляции ($\alpha''_{пп} = 1,07$), 3 и 4 – циклонный способ сжигания при степени рециркуляции дымовых газов 8% и 17% соответственно ($\alpha''_{пп} = 1,07$)
 Рисунок 5 – Распределение падающих тепловых потоков по ширине правой боковой стены топки (отметка 9,25 м) при сжигании мазута. Нагрузка котла – 23,61 кг/с.

Таблица 3 – Сводная таблица результатов обработки плана эксперимента В₄ для получения зависимости вида $y = q_{пад} = f_1(D_{пе}, \alpha''_{пп}, \bar{H}, r)$ при циклонном сжигании мазута

		Факторы i = 1, 2, 3, 4 p=4				Уравнение регрессии в кодированных переменных $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4$																			
		D _{пе} , кг/с	α'' _{пп}	H	r, %																				
Основной уровень		21,3	1,1	0,74	9,4																				
Интервал варьирования		3,7	0,05	0,26	7,7																				
Верхний уровень		25,0	1,15	1,0	17,1																				
Нижний уровень		17,6	1,05	0,48	1,7																				
Планирование j = 1, 2, 3, ... N, N=24																									
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	0	0	0	0	0	0	0
	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	0	0	+	-	0	0	0	0	0
	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	0	0	0	0	+	-	0	0	0
	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	0	0	0	0	0	0	0	+	-
	255	360	220	230	250	200	190	180	420	410	250	255	390	280	285	280	410	345	215	355	170	220	300	245	
Рабочая матрица																									
Опыты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													
D _{пе} , кг/с	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	25,0	25,0	25,0	25,0									
α'' _{пп}	1,05	1,05	1,05	1,05	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05									
H	0,48	0,48	1,0	1,0	0,48	0,48	1,0	1,0	1,0	0,48	0,48	1,0	1,0	0,48	0,48	1,0	1,0								
r, %	1,7	17,1	1,7	17,1	1,7	17,1	1,7	17,1	1,7	17,1	1,7	17,1	1,7	17,1	1,7	17,1	1,7	17,1							
Опыты	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24													
D _{пе} , кг/с	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	17,6	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3	21,3													
α'' _{пп}	1,15	1,15	1,15	1,15	1,1	1,15	1,05	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1													
H	0,48	0,48	1,0	1,0	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	1,0	0,48	0,74													
r, %	1,7	17,1	1,7	17,1	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	17,1	1,7													
Уравнение регрессии в натуральных переменных $q_{пад} = 82D_{пе} - 1,8D_{пе}^2 - 30708\alpha''_{пп} + 14120\alpha''_{пп}^2 + 307H - 290H^2 + 6,10Hr - 4,5r + 15988$, кВт/м ²																									

$$\hat{y} = 297 + 18,3x_1 + 17,8x_2 - 16,9x_3 - 24,7x_1^2 + 35,9x_2^2 - 19,7x_3^2 + 12,2x_3x_4. \quad (6)$$

Заключение

При горелочном варианте исполнения наблюдается резко-неравномерное распределение тепловых потоков. В то же время циклонный способ сжигания мазута позволяет улучшить условия обогрева экранных поверхностей нагрева, что видно на распределении падающих тепловых потоков, которое стало более равномерным.

Получено распределение по ширине правой боковой топки на отметке 15,6 м, которое показало еще одно преимущество циклонного сжигания мазута. Как отмечалось ранее, до реконструкции котла перегрев пара не всегда выдерживался. Уровень падающих тепловых потоков на выходе из топки при циклонном сжигании выше в сравнении с горелочным и, как следствие, перегрев пара стал выдерживаться.

Литература

1. Экспериментальные работы на парогенераторах / А.К. Внуков. – Москва: Издательство Энергия, 1971. – 196 с.
2. Каталог планов второго порядка, Ч. 1 / Т.И. Голиков, Л.А. Панченко, М.З. Фридман. – Москва: Издательство МГУ, 1974. – 388 с.
3. Планирование и анализ эксперимента / В.Б. Тихомиров. – Москва: Издательство Легкая индустрия, 1974. – 262 с.
4. Применение Теории вероятностей и математической статистики в теплофизических исследованиях / А.Г. Илларионов, В.Я. Сасин. – Москва: Издательство МЭИ, 1980. – 94 с.

СЕКЦИЯ ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ЭКОЛОГИЮ

И.Г. Акуленок, А.С. Герасимович
Научный руководитель – Н.А. Самосюк, к.э.н., доцент

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

У.И. Гришан
Научный руководитель – Н.А. Самосюк, к.э.н., доцент

ТЕПЛОВАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛОГО ФОНДА

А.С. Коледа
Научный руководитель – Д.А. Лапченко, старший преподаватель

ИНВЕСТИРОВАНИЕ ПРОЕКТОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

А.С. Коледа, А.А. Трохина
Научный руководитель – Т.Ф. Манцерава, к.э.н., доцент

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПИ-ТРУБ

А.А. Карпикя, К.А. Габибова
Научный руководитель – Н.А. Самосюк, к.э.н., доцент

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЖИЛОМ КОМПЛЕКСЕ

К.О. Потоцкая, В.А. Галынская
Научный руководитель – Т.Ф. Манцерава, к.э.н., доцент

ТРАНСФОРМАЦИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИЭ

А.С. Стасевич
Научный руководитель – Т.Ф. Манцерава, к.э.н., доцент

ПРОГРАММНЫЙ КОНТРОЛЬ И УЧЁТ ТЭР НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

А.Д. Рыздзевская, К.А. Адамович
Научный руководитель – Е.П. Корсак, старший преподаватель

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИЭ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

А.В. Тарасюк
Научный руководитель – Е.П. Корсак, старший преподаватель

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИЭ

П.Г. Назарова

Научный руководитель – Е.П. Корсак, старший преподаватель

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А.С. Щербова

Научный руководитель – Е.П. Корсак, старший преподаватель

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ

В.М. Барщевская

Научный руководитель – Е.П. Корсак, старший преподаватель

ЭЛЕКТРОННЫЕ ДЕНЬГИ КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ПЛАТЕЖНЫЙ СПОСОБ

К.Д. Шешко

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОШЕЛЬКОВ WEBMONEY И QIWI В БЕЛАРУСИ

К.Д. Шешко

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

СПОСОБ ЗАРАБОТКА В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ INSTAGRAM

А.В. Куделко, А.С. Митяшова

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

БИЗНЕС-МОДЕЛИРОВАНИЕ. ПРОГРАММЫ ОПТИМИЗАЦИИ

И.Д. Дементьев, С.А. Опёнков

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

УДК 338.24

**ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ
ЭНЕРГИИ НА ЭКОЛОГИЮ**
**IMPACT OF THE PRODUCTION OF ELECTRIC AND HEAT ENERGY ON
THE ENVIRONMENT**

И.Г. Акуленок, А.С. Герасимович

Научный руководитель – Н.А. Самосюк, к.э.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Akulenok, A. Gerasimovicht

Supervisor – N Samasiuk, Candidate of Economic Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в статье рассмотрены проблемы экологии на территории Республики Беларусь, связанные с выбросами при производстве электрической и тепловой энергии. Авторами проведена оценка экологических показателей теплоэлектроцентрали за период 2020-2021 гг. А также отмечено пагубное воздействие ТЭЦ в окружающую среду и рассмотрены объёмы выбросов в областях Беларуси.*

***Abstract:** the article deals with the problems of ecology in the territory of the Republic of Belarus associated with emissions from the production of electrical and thermal energy. The authors assessed the environmental performance of the combined heat and power plant for the period 2020-2021. And also noted the harmful effects of CHP on the environment and considered the volume of emissions in the regions of Belarus.*

***Ключевые слова:** экология, производство электрической энергии, производство тепловой энергии, выбросы предприятий, теплоэлектроцентраль.*

***Key words:** ecology, production of electric energy, production of thermal energy, emissions of enterprises, thermal power plant.*

Введение

Электрическая и тепловая энергия является неотъемлемой частью жизни современного мира. В тоже время электроэнергетика является одним из самых загрязняющих видов экономической деятельности по мнению экологов. Основная проблема энергетики состоит в сжигании горючего сырья, такого как: газ, мазут, уголь и т.д. [1].

Основная часть

На рисунке 1 приведем оценку загрязнения окружающей среды Республики Беларусь по областям.

Исходя из данных рисунка 1 можно сделать вывод, что в Минской области больше всего выбросов в окружающую среду по сравнению с другими областями Республики. Одними из предприятий, влияющих на экологию в Минской области и Минске, являются ТЭЦ [2].

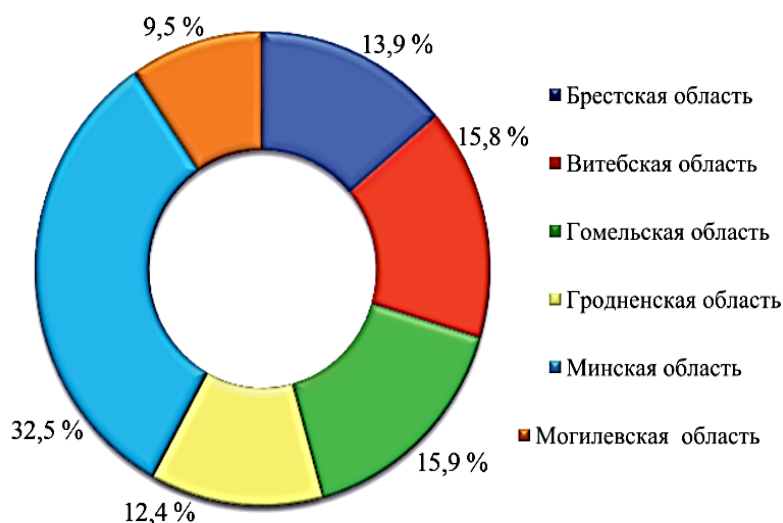


Рисунок 1 – Распределение объема выбросов по областям Республики Беларусь

В республике Беларусь на ТЭЦ производится большая часть электрической (47%) и тепловой (48%) энергии, поэтому оценку выбросов будем проводить именно на примере теплоэлектроцентрали. Проведем оценку экологических показателей теплоэлектроцентрали за период 2020-2021 гг. (таблица 1).

Таблица 1 – Экологические показатели ТЭЦ за период 2020-2021 гг.

Показатель	Водопотребление артезианской воды, тыс. м ³	Водопотребление воды из реки Свислочь, тыс. м ³	Выбросы вредных веществ в атмосферу, т.	Сброс в природную среду сточных вод, тыс. м ³	Расход воды в системах оборотного водоснабжения, млн. м ³	Расход воды в системах повторного водоснабжения, тыс. м ³
2021 год						
Установленный лимит	1250,8	5 838,0	12 754,592	1 507,4		
Итоговое потребление	439,943	2 549,571	1 963,123	791,285	218,388	44,815
2020 год						
Итоговое потребление	601,440	4 547,480	2196,749	659,639	391,237	60,526

Заключение

Уменьшение количества выбросов в атмосферу в 2021 году по сравнению с 2020 годом на 233,626 т это связано с уменьшением времени работы энергоблока ст. №1 на 4961,5 часа. Для дальнейшего снижения экологических показателей необходимо проводить: мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу; мониторинг подземных вод наблюдательных скважин территории ТЭЦ; производственный аналитический контроль производственных сточных вод ТЭЦ и поверхностных вод реки Свислочь;

контроль химических показателей подземных вод скважин; мониторинг санитарно-защитной зоны ТЭЦ на санитарно-гигиенические исследования атмосферного воздуха; научно-исследовательскую работу по определению экологических характеристик котлов с обоснованием технически возможных норм выбросов; контроль радиологических показателей подземных вод скважин.

Литература

1. Основы экологии [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс для студентов всех специальностей / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Экология»; сост.: В.А. Левданская, Г.В. Бельская, Е.В. Карпинская. – Минск: БНТУ, 2013
2. Энергетический баланс Республики Беларусь. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/> – Дата доступа: 28.10.2022

УДК 621.311

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ENERGY SAVING IN THE FOOD INDUSTRY**

У.И. Гришан

Научный руководитель – Н.А. Самосюк, к.э.н, доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
U. Grishan

Supervisor – N Samasiuk, Candidate of Economic Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: автором проведен анализ динамика энергоёмкости валового внутреннего продукта Республики Беларусь за период 2015-2020 гг. Изучена энергоёмкость производства пищевой промышленности за аналогичный период. За счет грамотной политики в области энергосбережения в республике наметилась тенденция к снижению энергоёмкости. Однако несмотря на достигнуты результаты необходимо продолжать работу по повышению эффективности производства. В работе предложено на хлебозаводе заменить морально и физически изношенные печи на энергоэффективные. Это даст возможность уменьшить потребление природного газа, снизить затраты на производство и тем самым повысит конкурентоспособность производства.

Abstract: the author analyzes the dynamics of the energy intensity of the gross domestic product of the Republic of Belarus for the period 2015-2020. The energy intensity of food industry production for the same period has been studied. Due to a competent policy in the field of energy conservation, there has been a tendency to reduce energy intensity in the republic. However, despite the results achieved, it is necessary to continue working to improve production efficiency. The paper suggests replacing morally and physically worn-out ovens with energy-efficient ones at the bakery. This will make it possible to reduce the consumption of natural gas, reduce production costs and thereby increase the competitiveness of production.

Ключевые слова: затраты, топливно-энергетические ресурсы, эффективность, энергоёмкость, пищевая промышленность.

Keywords: costs, fuel and energy resources, efficiency, energy intensity, food industry.

Введение

На рисунке 1 рассмотрим динамику энергоёмкости валового внутреннего продукта (ВВП) в Республике Беларусь.

По данным рисунка 1 можно прийти к заключению, что пиком валового внутреннего продукта стал 2019 год, а в отчетном (2020) году данная величина снизилась лишь на 1%. Положительная динамика энергоёмкости ВВП в 2018 году сменилась на отрицательную и в отчётном году уменьшилась на 4% в сравнении с пиковым годом, также 2018 год стал пиком валового потребления топливно-энергетических ресурсов, однако в сравнении с отчетным периодом величина упада на 3,5%.

Проанализировав весь период 2015-2020г стоит отметить, что динамика энергоёмкости в Республике Беларусь нестабильна, однако в сравнении с базисным периодом (2015 год) имеет положительное направление.

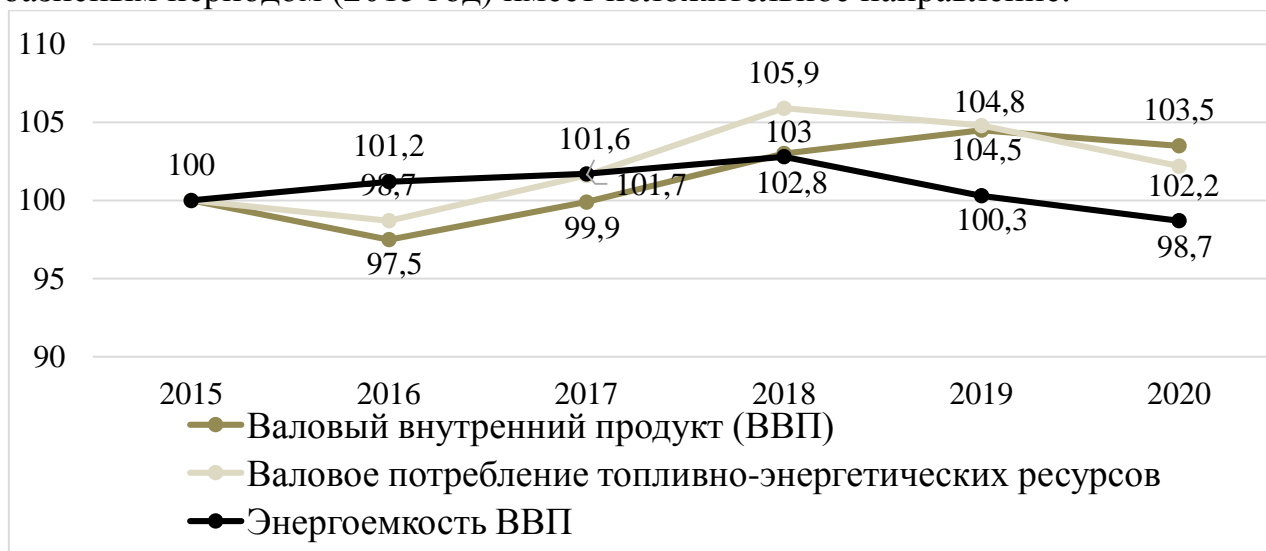


Рисунок 1 – Динамика энергоёмкости валового внутреннего продукта, %

На рисунке 2 приведем динамику энергоёмкости продукции пищевой промышленности.

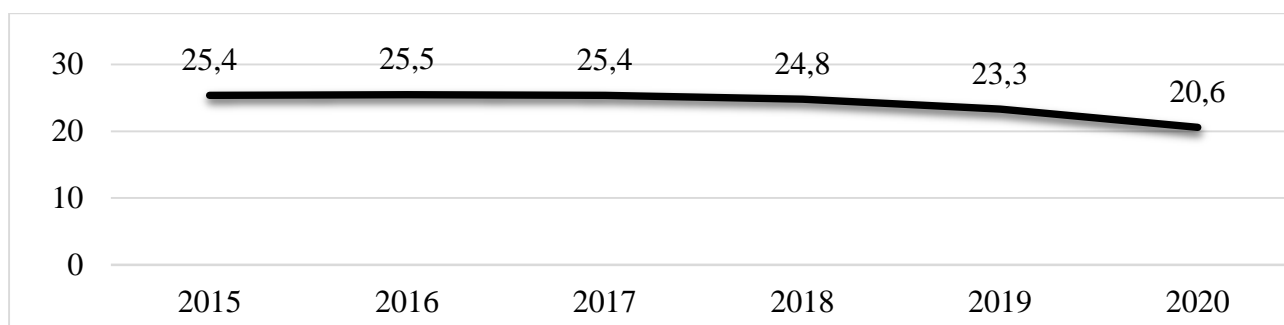


Рисунок 2 – Динамика энергоёмкости производства пищевой промышленности за период 2015-2020 гг., %

Рассматривая динамику изменения энергоёмкости производства пищевой промышленности, можно заметить, что энергоёмкость убывает в геометрической прогрессии на протяжении всего показанного периода и в итоге за 6 лет снизилась на 4,8%.

В Республике Беларусь существует запас для дальнейшего снижения энергоёмкости, однако несмотря на это стоит проводить грамотную политику по энергосбережению в пищевой промышленности, что позволит сократить издержки и рационально использовать топливно-энергетические ресурсы (ТЭР). Рассмотрим одно из направлений данной политики на примере современной энергоэффективной печи.

Основная часть

Основным потребляемым видом ТЭР на хлебозаводе является природный газ, а наибольший его расход приходится на хлебопекарные и кондитерские печи, поэтому замена морально и физически изношенных печей является

наиболее целесообразным мероприятием для снижения потребления и рационального использования ТЭР.

Современные энергоэффективные печи работают со всеми видами жидкого и газообразного топлива и с электрической энергией с высоким уровнем теплового коэффициента полезного действия. Они являются основой для организации производства с низкой долей человеческого труда. можно произвольно конфигурировать с учётом требуемой технологии выпечки. Хлебопекарные печи оснащены энергоэффективными горелками, преобразователями частоты, галогенным освещением со смотровыми окнами из толстого безопасного безосколочного стекла, обшивкой боков из нержавеющей стали и верхним алюминиевым покрытием для хождения. Печи оснащены плавной регулировкой времени выпечки, конусно-фронтальной коробкой передач с преобразователем частоты для привода ленты печи. Основой циклотермических печей являются вакуумная система отопления с косвенным нагревом с возможностью настройки кривой выпечки, управляемые вручную или автоматически компьютером сервоприводы заслонок нагрева, цифровые термометры и целый ряд улучшений, позволяющих выполнять первоклассную выпечку изделий в весьма экономичном режиме при сохранении постоянного качества изделий.

Основные преимущества энергоэффективных хлебопекарных печей представлены на рисунке 3:

Проведем оценку эффективности предложенного мероприятия по замене печей. Капиталовложения в мероприятия и полученная экономия представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Экономические данные по внедрению печь

Оборудование	Экономия условного топлива, т у.т.	Экономия в денежном выражении, тыс. руб.	Капиталовложения, тыс. руб.	Простой срок окупаемости, лет
Внедряемая печь вместо печи А2 ШБГ №6	32,8	23,213	136,6	5,88
Внедряемая печь вместо печи А2 ШБГ №7	32,0	22,646	136,6	6,03
ИТОГО	64,8	45,859	273,2	5,96

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПЕЧЕЙ

- изоляция боковых поверхностей с нулевой высоты;
- низкое потребление электроэнергии благодаря применению преобразователей частоты;
- низкое потребление газа и других теплоносителей;
- малая утечка тепла в помещение пекарни;
- надёжные горелки с эффективным процессом горения;
- минимальные требования в отношении сервисного обслуживания;
- качественные конвейерные ленты;
- использование отработанного тепла;
- турбулентные зоны Дуотерм;
- предварительный нагрев ленты;
- тепловая отсечка, которая отделяет зону пароувлажнения от зоны выпечки в печи;
- отсутствующая, стандартная или же удлиненная зона пароувлажнения с возможностью комбинирования с предварительным запариванием, расположенным перед входом в пространство выпечки в печи;
- увлажнение изделий на входе и выходе из печи;
- разные варианты высоты туннеля печи;

Рисунок 3 – Основные преимущества энергоэффективных хлебопекарных печей.

На рисунке 4 приведем изменение денежных средств по мероприятию.



Рисунок 4 – Зависимость ЧДД от шага расчетного периода.

Зависимость чистого дисконтированного дохода от ставки дисконтирования представлена на рисунке 5.

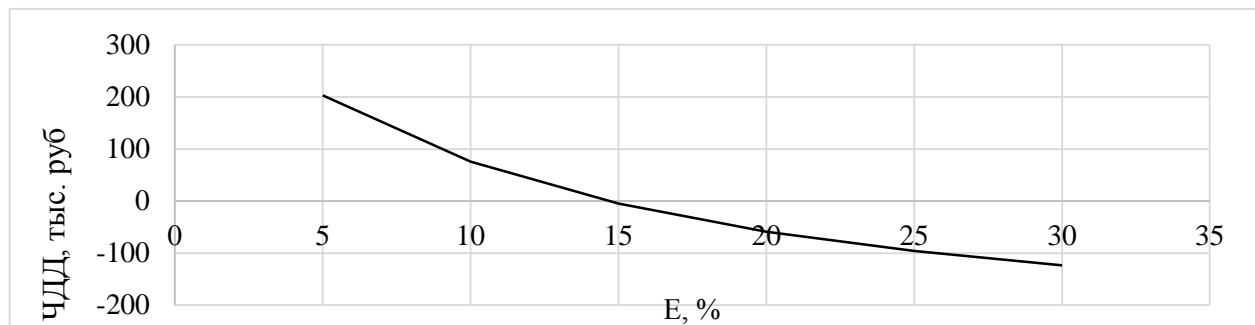


Рисунок 5 – Зависимость ЧДД от ставки дисконтирования.

Заключение

Динамика энергоемкости в Республике Беларусь нестабильна на протяжении 2015-2020 гг., однако в сравнении с базисным периодом (2015 год) имеет положительное направление. Энергоемкость пищевой промышленности убывает в геометрической прогрессии на протяжении всего периода и в итоге за 6 лет снизилась на 4,8%. Необходимо проводить дальнейшую грамотную политику по энергосбережению. Одним из вариантов решений данной проблемы в пищевой промышленности – это использование современных энергоэффективных печей, которые позволят рационально использовать ТЭР и сократят их потребление.

По результатам оценки эффективности инвестиций можно отметить, что замена хлебопекарных печей эффективна. Чистый дисконтированный доход больше нуля и составляет 39,139 тыс. руб., индекс доходности больше единицы (1,143), внутренняя норма доходности больше 12% и составила 14,68%. Динамический срок окупаемости 11,08 года.

Литература

1. Энергетический баланс Республики Беларусь, 2021 [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnayastatistika/publications/izdania/public_compilation/index_17874/ – Дата доступа: 17.10.2022.
2. Электронный учебно-методический комплекс «Экономика предприятия (энергетика)» для специальностей 1-43 01 01 «Электрические станции», 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети», 1-43 01 03 «Электроснабжение», 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции», 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» и для направления специальности 1-27 01 01-10 «Экономика и организация производства (энергетика)» [Электронный ресурс] / В. Н. Нагорнов [и др.]; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Экономика и организация энергетики». – Минск: БНТУ, 2020.
3. Снижение энергозатрат при производстве продукции на хлебозаводах КУП «Минскхлебпром» [Электронный ресурс] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции – Режим доступа: <https://rep.bsatu.by/bitstream/doc/3590/1/snizhenie-ehnergozatrat-priproizvodstve-produkcii-na-hlebozavodah-kup-minskkhlebprom.pdf> – Дата доступа: 17.10.2022.

УДК 728.1:699.86

ТЕПЛОВАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛОГО ФОНДА
THERMAL MODERNIZATION AS A WAY TO INCREASE ENERGY
EFFICIENCY OF HOUSING STOCK

А.С. Коледа

Научный руководитель – Д.А. Лапченко, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
A. Koleda
Supervisor – D. Lapchenko, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье рассмотрен потенциал тепловой модернизации жилищного фонда Республики Беларусь с учетом международного опыта как одного из приоритетных направлений экономики тепловой энергии и топливно-энергетических ресурсов на ее производство.

Abstract: the article considers the potential of thermal modernization of the housing stock of the Republic of Belarus, taking into account international experience as one of the priority areas of saving thermal energy and fuel and energy resources for its production.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, теплоснабжение, теплопотребление, тепловая модернизация, субсидирование, экономия.

Keywords: energy saving, energy efficiency, heat supply, heat consumption, thermal modernization, subsidization, economy.

Введение

В многоквартирном жилом секторе Республики Беларусь, годовое потребление которого составляет около 27 млн. Гкал или более 38 % энергопотребления от общего потребления страны, сохраняется значительный потенциал энергосбережения и повышения энергоэффективности (до 40 %) в части конечного потребления тепловой энергии. Современные энергоэффективные жилые дома, построенные в последние годы, имеют удельный расход тепла на отопление на 1 м² общей площади в 2-4 раза ниже аналогичных показателей для домов постройки до 1996 г., удельный расход энергии которых достигает 200, а в некоторых домах более 250 кВтч/м² в год. Для достижения действительно практического результата необходимо проводить работы по снижению теплопотребления жилого фонда постепенно, начиная сначала с наиболее энергоемких многоквартирных домов с удельным теплопотреблением более 160 кВтч/м² в год [1].

Основная часть

При энергоэффективном производстве и транспортировке тепловой энергии до конечного потребителя, потери тепла в жилых зданиях с низкими показателями энергоэффективности приводят к высоким издержкам на субсидирование из бюджета услуги по теплоснабжению для населения. В республике реализуется социально ориентированная политика в сфере теплоснабжения: в 2021 г. возмещение населением затрат на производство

тепловой энергии равнялось примерно 20 % (рисунок 1). Тепловая модернизация 50 домов приводит к сокращению финансовых затрат на субсидирование оплаты тепловой энергии для населения из бюджета на 520 тыс. руб. ежегодно. Суммарная стоимость тепловой энергии, потребленной населением (26,9 млн. Гкал) составила 1119,3 млн. долл. США в год [1].

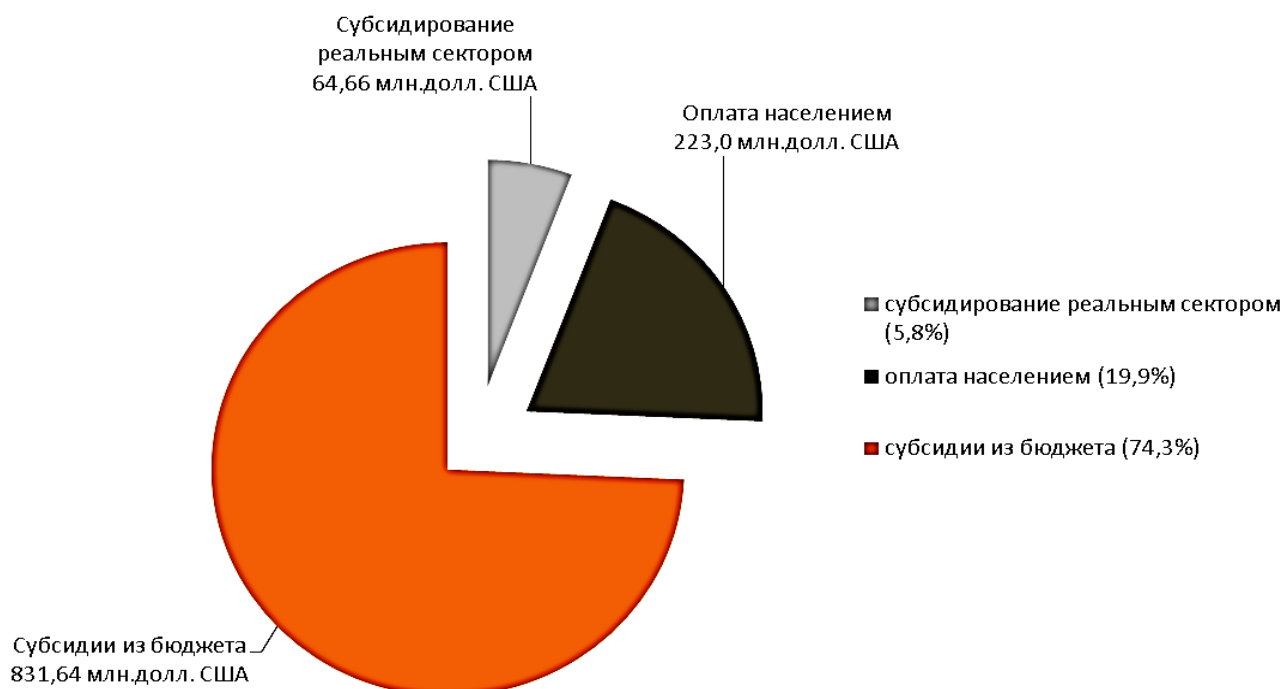


Рисунок 1 – Структура источников оплаты теплоэнергии, потребленной населением в 2021 г.

Разработка подходов к повышению энергоэффективности многоквартирного жилого фонда в Республике Беларусь осуществлялась, в том числе с учетом положительного опыта стран ближнего зарубежья (Российская Федерация, Литва), где действуют аналогичные механизмы участия населения в принятии решений по реализации энергосберегающих мероприятий и их софинансировании (таблица 1).

Практика и международный опыт показывают, что тепловая модернизация жилищных комплексов должна проводиться во время их капитального ремонта. Это повышает эффективность программы капитального ремонта за счет приведения зданий в «практически новое» состояние, а также создает синергетический эффект и экономию средств за счет одновременного проведения капитального ремонта и тепловой модернизации. Такой подход позволяет объективно подойти к решению проблемы снижения удельного теплопотребления жилых домов [1].

В Республике Беларусь создана нормативно-правовая база энергосбережения, формирующая механизм повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, в основе которой лежит Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении». Правительством и другими республиканскими органами управления приняты программные и нормативно-технические документы, регулирующие деятельность юридических и физических лиц по вопросам, связанным с реализацией государственной

энергосберегающей политики в различных видах экономической деятельности, в том числе в сфере жилищно-коммунального хозяйства. Одним из таких документов является Указ президента Республики Беларусь от 04.09.2019 г. № 327 «О повышении энергоэффективности многоквартирных жилых домов» [2].
Таблица 1 – Опыт реализации тепломодернизации в многоквартирных жилых домах

Страна	Республика Беларусь	Российская Федерация	Литва
Год начала реализации	2019 г.	2013 – 2016 гг.	2013 (2004) гг.
Количество домов	20	нет данных	>3800
Условия	- согласие 2/3 собственников помещений; - до 50 % возмещение государством всех затрат; - рассрочка оплаты равными долями на 10 лет без индексации; - дополнительные льготы для малоимущих	- программа кредитования ЕБРР «RuSEFF Теплая жизнь» (100 млн. долл. США); - индивидуальное кредитование населения через российские банки-партнеры на коммерческих условиях	- согласие 50 % + 1 собственников помещений; - достижение 40 % экономии тепловой энергии; - 100 % государственного финансирования расходов на техническую документацию, надзор и администрирование; - до 40 % возмещение государством затрат на мероприятия по повышению энергоэффективности; - льготное кредитование на срок до 20 лет; - дополнительные льготы для малоимущих
Стоимость тепловой энергии для населения	21,92 бел.руб./Гкал	2400 рос.руб./Гкал (85,51 бел.руб./Гкал, дифференциация в зависимости от региона)	130 евро/Гкал (400 бел.руб./Гкал, дифференциация в зависимости от региона)

Указом определяются условия и механизмы участия собственников жилых и нежилых помещений в финансировании энергоэффективных мероприятий по снижению потребления тепловой энергии в многоквартирных жилых домах, сокращению затрат на отопление и повышению потребительских характеристик таких домов. Для решения проблемы недофинансирования работ по тепловой модернизации жилого фонда предусматривается создание предпосылок для привлечения различных источников финансирования – средств собственников жилья, местных бюджетов, международных финансовых организаций и др. Ожидаемый ежегодный эффект в виде экономии бюджетных средств за счет сокращения объемов перекрестного субсидирования оплаты тепловой энергии населением может составить более 75 млн. долл. США.

Схему реализации Указа можно представить таким образом: управления жилищно-коммунального хозяйства исполнительных комитетов формируют перспективные программы реализации энергоэффективных мероприятий, исполнительные комитеты утверждают данные программы, определяют уполномоченную организацию – заказчика работ, формируют потенциальный фонд финансовых средств на реализацию энергоэффективных мероприятий. Финансирование реализации энергоэффективных мероприятий может осуществляться в объеме до 10 % от установленного годового объема денежных средств, предусмотренных в местных бюджетах на капитальный ремонт жилищного фонда (таблица 2) [3].

Таблица 2 – Возможности реализации энергоэффективных мероприятий в многоквартирных домах за счет средств местных бюджетов

Орган местного управления	2022 г.		Количество домов, на которых возможно выполнить работы по тепловой модернизации
	запланированные средства на капремонт жилищного фонда, тыс.руб.	из них 10 % на реализацию энергоэффективных мероприятий, тыс.руб.	
Брестский облисполком	38808	3880,8	18
Витебский облисполком	52875,9	5287,59	24
Гомельский облисполком	53878,44	5387,844	25
Гродненский облисполком	39131,4	3913,14	18
Минский облисполком	43335,6	4333,56	20
Могилевский облисполком	42688,8	4268,88	19
Минский горисполком	112219,8	11221,98	52
Итого	382937,94	38293,794	176

В документе проанализированы и обобщены сведения о результатах снижения потребления тепловой энергии в многоквартирных жилых домах после термомодернизации, рассчитано изменение затрат на арендатора и суммы субсидирования услуги «теплоснабжение». Таким образом, за один месяц отопительного периода потребление тепловой энергии двухкомнатной квартиры площадью 48 м², что составляет в среднем 1 Гкал, после проведения тепловой модернизации ограждающих конструкций снизится на 30 % и составит 0,7 Гкал. В 2021 г. экономически обоснованные затраты при производстве тепловой энергии составляли 107,31 руб. Так, до реализации мероприятий по энергоэффективности собственник квартиры платил за отпуск тепла 21,35 руб., субсидия составила 85,96 руб., после тепловой реабилитации плата собственнику за потребление 0,7 Гкал тепловой энергии составит 14,95 руб., субсидия 60,17 руб., соответственно экономия средств для нанимателя – 6,4 руб., для экономии государства на субсидии на квартиру – 25,79 руб. [1]. Предлагается экономию на субсидировании зафиксировать и определить, как дополнительный источник финансирования энергосберегающих мероприятий. Кроме того, для активизации работ по тепловой модернизации с учетом положительного международного

опыта, полагается возможным предложить задействовать одну на всю республику исполнительную организацию по ряду работ, которые будут сняты с уполномоченных исполнительными комитетами организаций-заказчиков.

Заключение

В масштабах республики приоритетным является устойчивое обеспечение страны энергоносителями и создание условий для функционирования и развития экономики при максимально эффективном использовании топливно-энергетических ресурсов. Реализация обоснованных программ тепломодернизации жилья позволит повысить эффективность комплекса энергосберегающих мер в жилищной сфере и обеспечить заинтересованность жителей многоквартирных жилых домов в реализации энергоэффективных мероприятий. Инвестиции в программы комплексной тепловой модернизации являются экономически обоснованными не только с точки зрения их окупаемости, но и в части повышения рыночной стоимости недвижимости.

Литература

1. Новый проект по тепловой модернизации многоквартирного жилфонда [Электронный ресурс]. – Минский областной исполнительный комитет, 2022. – Режим доступа: https://energoeffect.gov.by/downloads/onewindow/question/20191216_question_ukaz327.pdf. – Дата доступа: 18.10.2022.
2. О повышении энергоэффективности многоквартирных жилых домов [Электронный ресурс]: Указ Президента Республики Беларусь, 04 сент. 2019 г., № 327 // Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь. – Режим доступа: https://energoeffect.gov.by/laws/20210714_ukaz/20210714_ukaz_327. – Дата доступа: 15.10.2022.
3. Комфортное жилье и благоприятная среда на 2021 – 2025 годы [Электронный ресурс]: Постановление Совета Министров, 28 янв. 2021 г., № 50 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/novosti/novosti-pravo-by/2021/february/59018/>. – Дата доступа: 16.10.2022.

УДК 338

**ИНВЕСТИРОВАНИЕ ПРОЕКТОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ
ENERGY PROJECT INVESTMENT**

А.С. Коледа, А.А. Трохина

Научный руководитель – Т.Ф. Манцерова, к.э.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Koleda, A. Trokhina

Supervisor – T. Mantserova, Candidate of Economic Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: привлечение финансирования для инвестиций в проекты развития. Очень важно правильно исследовать взаимосвязь между источниками финансирования и основными направлениями их использования, установить взаимосвязи между отдельными видами финансирования, которые создают возможности для развития разных видов энергетики и выявить барьеры, препятствующие финансированию на различных этапах инвестирования.

Abstract: attracting financing for investments in development projects. It is very important to properly investigate the relationship between sources of financing and the main directions of their use, to establish relationships between individual types of financing that create opportunities for the development of different types of energy and to identify barriers that prevent financing at various stages of investment.

Ключевые слова: финансирование проектов, инвестиции в энергетику, банки-инвесторы.

Keywords: project financing, energy investments, investment banks.

Введение

Денежные вклады в энергетику являются важнейшей составляющей ее дальнейшего функционирования и развития. Поэтому инвестиции в энергетику важны: потому что они имеют стратегическое значение. Неполное государственное субсидирование делает привлечение внешнего капитала в отрасль особенно важным. Целью данного исследования было исследование и выявление взаимосвязи между различными источниками финансирования проектов в сфере энергетики, а также выявление и преодоление возникающих препятствий для реализации инвестиций. Выполнен анализ инвестиций в электроэнергетику организациями ГПО «Белэнерго» за отчетный период.

Основная часть

Окружающая среда, социальная сфера и управление инвестиций в новые проекты, включая экологически чистую энергетику, быстро занимают важное место на финансовых рынках. Эффективное использование инвестиций для продвижения проектов в области возобновляемых источников энергии важно для лиц, принимающих решения в области политики в области чистой энергетики.

Успешные инвестиции в энергетику – это длительный процесс, охватывающий несколько десятилетий. Из-за этого существуют определенные, но законные риски с единственным изменением: это долгая игра, а не для

любителей быстрого обогащения. В настоящее время можно наблюдать тенденцию, что примерно 90% инвестиций в сектор приходится на частный капитал, и только часть средств поступает из государственных средств.

Определены несколько факторов, а также основные источники финансирования (рисунок 1), определяющих важность энергетики в стране и необходимость финансирования этой отрасли:

- зависимость промышленности от энергетики;
- непосредственная зависимость промышленности от энергетики;
- недостаточное финансирование промышленности оказывает значительное влияние на национальную экономику в целом.

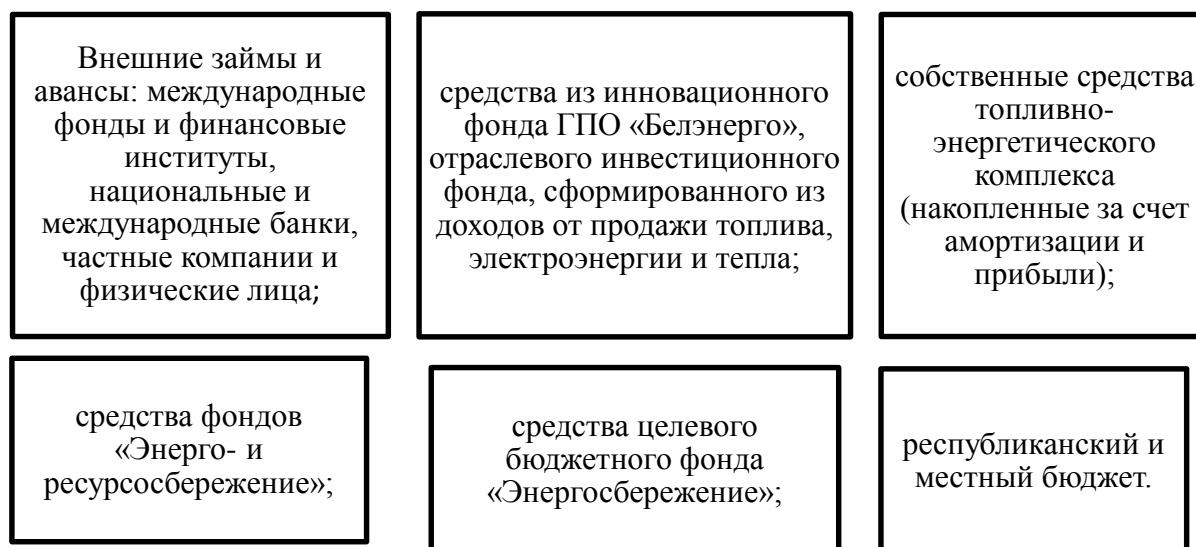


Рисунок 1 – Основные источники финансирования энергетического сектора

При государственной собственности развитие энергетики в основном финансировалось из бюджета. В современных условиях произошел отказ от бюджетного финансирования энергетического сектора и переориентация этого сектора экономики на самофинансирование и самофинансирование. Для компаний источниками инвестиций могут быть как внутренние, так и внешние ресурсы. Внутренние источники финансирования включают в себя как амортизацию, так и прибыль компании. С другой стороны, инструменты внешнего финансирования инвестиций более многогранны и обычно делятся на долевыми и долговыми инструментами. С другой стороны, привлечение капитала в форме акций предполагает выпуск акций (простых и привилегированных). К долговым – займы, облигационные займы и прочие обязательства [2].

Средства из республиканского бюджета на реализацию мероприятий по повышению энергоэффективности предназначены для: бюджетных организаций – в сметах на содержание республиканских органов государственной власти, иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, - в размерах, предусмотренных в бюджет финансирования отраслевых программ энергосбережения и мероприятий по внедрению новых энергосберегающих технологий и оборудования.

Приоритетными для инвестирования являются:

- деятельность, которая может повысить эффективность производственных процессов, преобразования и использования энергии;
- ввод в эксплуатацию объектов генерации электроэнергии, переведенных с альтернативных источников топлива на газ;
- внедрение новых научно обоснованных технологий энергоэффективности;
- внедрение недорогих современных энергетических технологий;
- установка мини-ТЭЦ и котлов с упором на использование местных видов топлива (древесное топливо, торф, горючие отходы, бурый уголь, сланцы);
- разработка и внедрение эффективных технологий сжигания бытовых и других горючих промышленных отходов;
- разработка эффективных систем, технологий и оборудования для использования вторичных энергоресурсов с высоким потенциалом, а также использования некачественного тепла на базе тепловых насосов и теплообменного оборудования;
- внедрение энергосберегающих осветительных приборов и систем автоматического управления освещением;
- развитие технологий с использованием возобновляемых источников энергии и местных видов топлива, а также создание многофункциональных энергетических объектов для энергоснабжения малого жилищно-коммунального хозяйства (энергия ветра, воды, солнца, биогаза, вторичные энергетические ресурсы и т.п.);
- оптимизация схемы электроснабжения промышленных объектов, объединение вторичных энергоресурсов и максимальное использование вторичных энергоресурсов всех уровней для передачи избыточных возобновляемых источников тепла на отопление жилья;
- совместное финансирование вместе с проектами по энергоэффективности, финансируемых международными организациями [3].

На сегодняшний день альтернативные способы получения энергии являются достаточно перспективными, но еще только новыми, поэтому оценить их риски сложно. В то же время доходность, которую обещают инвесторам – около 400%. Такой высокий показатель объясняется низкой стоимостью проекта и тем, что энергия является самовозобновляемой, т.е. практически неограниченной. Акции хорошо растут и приносят хорошие дивиденды своим владельцам. Однако, с другой стороны, верно и то, что все больше мест становятся богатыми ресурсами, поскольку месторождения нефти, газа и угля постоянно истощаются. Также нелегко отказаться от традиционных источников энергии, а изменение или реструктуризация бизнеса требует больших затрат. Правительство предпринимает шаги по созданию благоприятных условий для увеличения инвестиций в энергетический сектор, однако инвестиции в развитие белорусской электроэнергетики остаются недостаточными. В то же время современные сложные конкурентные рыночные условия, в том числе

межпрофессиональная конкуренция, требуют большей гибкости в отношении потенциальных инвесторов, готовых вкладывать средства в развитие производственных мощностей и сетей. К первоочередным мерам относятся налоговые льготы по инвестиционным взносам в создание новых объектов энергетики, а также предоставление государственных гарантий и субсидий по кредитам на развитие энергетического комплекса. Однако, несмотря на недостаточность капиталовложений в электроэнергетику, за 2021 год по ГПО «Белэнерго», включая организации, входящие в состав холдинга «Белэнергострой холдинг», в эксплуатацию было введено основных средств на 6 151 477, где объем строительно-монтажных работ составил 890 698 тыс. рублей. Оборудование и транспортные средства как доля от общего объема инвестиций в основные средства= 45,9% (таблица 1) [1].

Таблица 1- Динамика освоения инвестиций

Освоение инвестиций, тыс. руб.		Темп роста инвестиций в сопоставимых ценах, %
2021 год	2020 год	
2 573 977	2 026 905	113,9

Вывод: за рассмотренный период с 2020 по 2021 года освоение инвестиций увеличилось на 547 072 тыс. руб., о чем свидетельствует темп роста инвестиций в сопоставимых ценах (увеличение темпа роста в сопоставимых ценах на 13,9%).

Инвестиции, которые получили организации ГПО «Белэнерго», были освоены в ведущий капитал за 2021 год в объеме 2 573 977 тыс. руб. без НДС, в том числе за счет нижеперечисленных источников финансирования, представленных на рисунке 2.



Рисунок 2 – Источники финансирования в электроэнергетику

Помимо вышеперечисленных источников финансирования, в систему финансовой поддержки национальной политики в области энергоэффективности

и энергосбережения могут быть добавлены следующие формы и источники финансирования:

- акционерные инвестиции;
- лизинговое финансирование;
- проектное финансирование;
- фонды «Энергосбережение» в бюджетной сфере;
- займы международных финансовых институтов [3].

Акционерные инвестиции. Более крупные проекты могут потребовать создания энергосервисной компании (ЭСКО), финансируемой учредителем. В этом случае часть оборудования может быть предоставлена акционером через прямые инвестиции, а часть через лизинг.

Лизинг. Лизинг рекомендуется для проектов энергоэффективности. Преимущество в том, что плата за аренду б/у спецтехники может быть включена в стоимость товара и погашения данного кредита. Проценты по кредиту не получаются из прибыли, как по традиционному кредиту, поскольку компании не нужно увеличивать прибыль для погашения кредита, что является важным фактором при выборе этого типа инвестиций.

Проектное финансирование. Поскольку одним из основных источников финансирования проектов энергосбережения являются собственные и заемные средства предприятий, необходимо распределять финансирование, где основной причиной кредитования является будущая прибыль бизнеса. Этот метод наиболее эффективен для капиталоемких отраслей (топливно-энергетический комплекс и т.д.).

Фонды «Энергосбережение» в бюджетной сфере. С учетом того, что значительная часть потребления топливно-энергетических ресурсов населением Республики Беларусь приходится на социальную и бюджетную сферы (9-10%), необходимо внедрить систему стимулирования путем создания фондов Энергосбережения. Создание такой системы потребует внесения изменений в соответствующие нормативно-правовые акты: Закон Республики Беларусь о бюджете, бюджетную классификацию Республики Беларусь и прочие.

Заёмные средства международных финансовых институтов. Наиболее привлекательным источником финансирования ресурсов для крупных инвестиционных проектов являются зарубежные банки (Всемирный Банк, Европейский банк реконструкции и развития). Присутствие экономической стабилизации предполагает возможное образование консорциума и финансирование долями, собственно, что и представляет надежность белорусского банка и равным образом способно гарантировать возврат денежных средств зарубежному банку.[3]

Заключение

При разработке программ инфраструктурного развития и переоснащения энергокомплекса, который представляет стратегический сектор экономики, они объективно должны увеличивать спрос на технологии проектного финансирования. Усовершенствование концепции экономического предоставления материальных проектов в электроэнергетике может быть осуществимо на базе более полного применения концепции проектного

финансирования, к примеру сказать, на сегодняшний день в совместной работе организаций применяются только лишь его отдельные элементы.

Литература

1. Государственное производственное объединение электроэнергетики «Белэнерго» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://energo.by/content/deyatelnost-obedineniya/investitsionnaya-deyatelnost/osnovnye-itogi/>. - Дата доступа: 10.10.2022.
2. Инвестиции в энергетику [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ebius.biz/investicii-v-energetiku/>. - Дата доступа: 08.10.2022.
3. Самойлов, М. В. Основы энергосбережения : Учеб. пособие / М.В. Самойлов, В.В. Паневчик, А.Н. Ковалев. - Минск : БГЭУ, 2020. – 198 с.

УДК 621.311

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПИ-ТРУБ
EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF RECONSTRUCTION OF HEAT
NETWORKS USING PI-PIPES**

А.А. Карпикя, К.А. Габибова

Научный руководитель – Н.А. Самосюк, к.э.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Karpik, K. Gabibova

Supervisor – N Samasiuk, Candidate of Economic Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в статье рассмотрена программа энергосбережения Республики Беларусь и важнейшие задачи для ее реализации, изучены преимущества ПИ-труб и сделана оценка эффективности реконструкции тепловых сетей с применением данных трубопроводов.*

***Abstract:** the article considers the energy saving program of the Republic of Belarus and the most important tasks for its implementation, studies the advantages of PI pipes and assesses the effectiveness of the reconstruction of heat networks using these pipelines.*

***Ключевые слова:** затраты, энергосбережение, ресурсосбережение, потери, тепловая сеть, реконструкция.*

***Key words:** costs, energy saving, resource saving, losses, heating network, reconstruction.*

Введение

Энергосбережение, наряду с ресурсосбережением, несомненно является одним из приоритетов экономического развития. Поэтому перед строительной и энергетической отраслями Республики Беларусь стоит комплексная задача – повсеместное внедрение энергоэффективных и энергосберегающих технологий, а прежде всего – минимизация потерь тепловой энергии на теплотрассах, где показатель потерь достигает 20% и более [1].

Основная часть

В настоящий момент в стране реализуется Программа энергосбережения на 2021-2025 годы, которая предусматривает внедрение в производство современных энергоэффективных и повышение эффективности действующих технологий, оборудования и материалов, а также строительство, реконструкцию, модернизацию тепловых сетей с использованием технологического оборудования.

Для снижения потерь теплоэнергии, воды и непроизводительных расходов электроэнергии рекомендуется заменить стальные трубы на ПИ-трубы в целях кардинального снижения потерь, резкого повышения надежности теплотрасс (за счет более высокого качества гидроизоляции), увеличения межремонтного периода с 10 до 25-30 лет, а также в целях существенного снижения издержек на эксплуатацию, обслуживание и ремонт.

Всего величина экономии топлива от замены стальных труб на ПИ-трубы ожидается 276 т.у.т., что в денежном выражении составит 57960 у.е. [2]. Проведем оценку эффективности инвестиций в предложенное мероприятие. Чистый дисконтированный доход определим по формуле 1.1:

$$\text{ЧДД} = -K \cdot (1 + E_H)^{-t} + \text{Э} \cdot (1 + E_H)^{-t}, \quad (1)$$

где K – капиталовложения, у.е.;
 E_H – ставка дисконтирования, %;
 Э – экономия топлива, у.е.

Определим показатели эффективности мероприятия по реконструкции тепловых сетей ПИ-трубами. Предполагаемые затраты составят 344 650 у.е.

$$\text{ЧДД} = -180800 \cdot (1 + 0,12)^0 + 57\,960 \cdot (1 + 0,12)^{-1} + 57\,960 \cdot (1 + 0,12)^{-2} + \dots + 57\,960 \cdot (1 + 0,12)^{-10} = 146\,687 \text{ у.е.} \quad (2)$$

Финансовый профиль проекта представлен на рисунке 1.

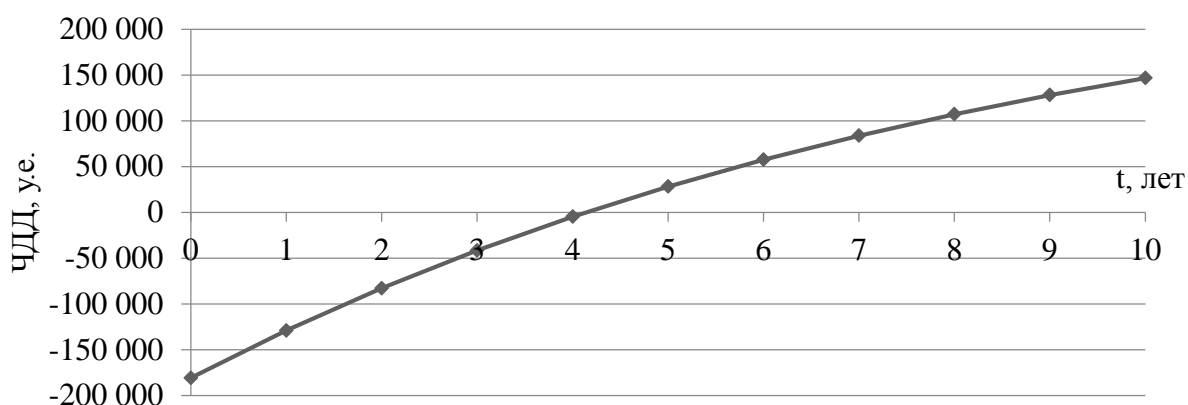


Рисунок 1 – Финансовый профиль проекта по реконструкции тепловых сетей ПИ-трубами

Индекс доходности определяется по формуле 1.3:

$$\text{ИД} = \frac{\text{ЧДД}}{K} + 1 \quad (1.3)$$

Тогда индекс доходности мероприятия составит:

$$\text{ИД} = \frac{146687}{180800} + 1 = 1,811. \quad (1.4)$$

Определим внутреннюю норму доходности по формуле 3:

$$E_{\text{ВНД}} = E_1 + \frac{\text{ЧДД}_{(E_1)}}{\text{ЧДД}_{(E_1)} - \text{ЧДД}_{(E_2)}} \cdot (E_2 - E_1), \quad (1.5)$$

где E_1 – ставка дисконтирования, при которой ЧДД принимает наименьшее положительное значение, близкое к нулю;

$\text{ЧДД}_{(E_1)}$ – чистый дисконтированный доход при ставке E_1 ;

$\text{ЧДД}_{(E_2)}$ – чистый дисконтированный доход при ставке E_2 ;

E_2 – ставка дисконтирования, при которой величина ЧДД становится отрицательной.

$$\text{ЧДД}_{(E_1)}^{29\%} = 3401 \text{ у.е.} \quad (1.6)$$

$$ЧДД_{(E_2)}^{30\%} = -1614 \text{ у. е.} \quad (1.7)$$

$$E_{ВНД} = 0,29 + \frac{3401}{3401 - (-1614)} \cdot (0,30 - 0,29) = 0,2968 = 29,68\% \quad (1.8)$$

Результаты расчета сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет ВНД мероприятия по реконструкции тепловых сетей ПИ-трубами

Показатель, у.е.	E=10%	E=15%	E=20%	E=25%	E=30%
ЧДД	175 339	110 088	62 196	26 146	-1 614

Зависимость ЧДД от $E_{ВНД}$ представлена на рисунке 2.

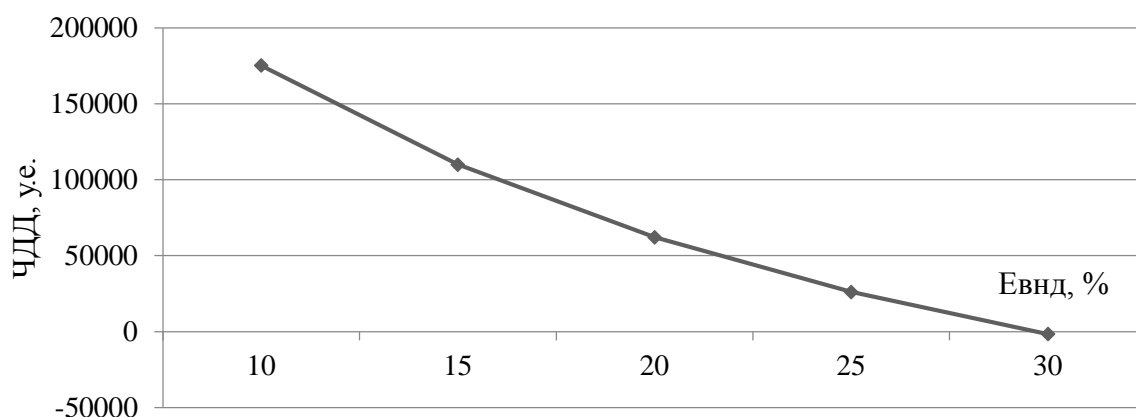


Рисунок 2 – Зависимость чистого дисконтированного дохода от внутренней нормы доходности

Рассчитаем статический срок окупаемости:

$$T_{ок}^{ст} = \frac{180800}{57960} = 3,12 \text{ года} \quad (1.9)$$

Определяем динамический срок окупаемости по формуле 1.10:

$$T_{ок} = T_{min} + \frac{K - \sum_{t=1}^{T_{min}} D_t \cdot (1+E)^{-t}}{D_{T_{min+1}} \cdot (1+E)^{T_{min+1}}}, \quad (1.10)$$

где T_{min} – год, в котором ЧДД имеет минимальное отрицательное значение, лет;

$D_{T_{min+1}}$ – доход проекта в год T_{min+1} , у.е.

Определим динамический срок окупаемости мероприятия:

$$ЧДД' = -180800 + 57960 \cdot 1,12^{-1} + \dots + 57960 \cdot 1,12^{-4} = -4755 \text{ у. е.} \quad (1.11)$$

$$T_{ок} = 4 + \frac{180800 - 176045}{57960 \cdot 1,12^{-5}} = 4,14 \text{ года} \quad (1.12)$$

На основании полученных данных, можно сделать вывод, что мероприятие по реконструкции теплосетей с применением ПИ-труб эффективно. Это подтверждает положительное значение ЧДД (146 687 у.е.), индекс доходности выше единицы (1,811), внутренняя норма доходности превышает ставку дисконтирования на 17,68% и срок окупаемости ниже нормативного [3].

Литература

1. Самосюк, Н. А. Энергосбережение как механизм управления затратами на энергетических предприятиях / Н. А. Самосюк // Экономическая наука сегодня: сб. науч. ст. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2018. – Вып. 7. – С. 105 – 112.
2. О расчетной стоимости 1 тонны условного топлива в 2022 году. Режим доступа: https://energoeffekt.gov.by/programs/forming/spravka/20210402_cost2. – Дата доступа: 10.10.2022.
3. Самосюк Н. А., Корсак Е. П. Практическая апробация результатов энергетического аудита на промышленном предприятии в Республике Беларусь / Н. А. Самосюк, Е. П. Корсак Электрооборудование: эксплуатация и ремонт – 2019 – № 4. – с. 69-77.

УДК 644.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В
ЖИЛОМ КОМПЛЕКСЕ
THE USE OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES
IN A RESIDENTIAL COMPLEX

К.О. Потоцкая, В.А. Галынская

Научный руководитель – Т.Ф. Манцерова, к.э.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

K. Pototskaya, V. Galynskaya

Supervisor – T. Mantserova, Candidate of Economic Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: на сегодняшний день, энергосбережение в зданиях является одной из главных задач при организации деятельности бизнес-структур, коммунальных учреждений и органов регионального самоуправления. Это, в первую очередь связано с тем, что тарифы на электроэнергию на территории нашей страны растут. Специалисты дают неутешительные прогнозы по поводу роста тарифов на электроэнергию. В связи с этим, увеличиваются и будут увеличиваться в будущем, материальные расходы на содержание помещений.

Abstract: today, energy saving in buildings is one of the main tasks in organizing the activities of business structures, municipal institutions and regional self-government bodies. This is primarily due to the fact that electricity tariffs in our country are growing. Experts give disappointing forecasts about the growth of electricity tariffs. In this regard, the material costs of maintaining the premises are increasing and will continue to increase in the future.

Ключевые слова: экономия, ТЭР, теплоснабжение, потери, мероприятия, ЖКХ.
Keywords: economy, fuel and energy complex, heat supply, losses, events, housing and communal services.

Введение

Экономия топливно-энергетических ресурсов и производимой на их базе тепловой энергии является приоритетным направлением политики энергосбережения Республики Беларусь. Для этого предусмотрены различные мероприятия, в том числе одним из важнейших является тепловая модернизация жилищного фонда, которая проводится в соответствии с указом Президента Республики Беларусь от 4 сентября 2019 года №327 «О повышении энергоэффективности многоквартирных жилых домов». Он предполагает снижение теплоснабжения жилищным фондом за счёт проведения мероприятий по рациональному использованию тепловой энергии, а также снижения потерь при её производстве, транспортировке и непосредственно у конечного потребителя. [1]

Основная часть

Реконструкция оконных проемов и входных групп с установкой стеклопакетов с ПВХ-профилем в зданиях

В настоящее время широкое распространение получили стеклопакеты из поливинилхлоридного профиля. В качестве светопропускающей части используются однокамерные и двухкамерные стеклопакеты с применением энергосберегающих стекол. Сопротивление теплопередаче по непрозрачной части окон с однокамерным и двухкамерным ПВХ-профилем колеблется от 0,6 до 0,85 (м² °С)/Вт. Эти окна имеют также очень высокое сопротивление воздухопроницанию (до 9,0 м² ч Па/кг).

При определении расхода теплоэнергии на компенсацию потерь тепла через ограждающие конструкции оконных проемов жилых и административных помещений следует учитывать основные и добавочные потери тепла.

Экономия по основному годовому расходу теплоэнергии на компенсацию потерь тепла через ограждающие конструкции оконных проемов рассчитывается по формуле (1):

$$Q_0 = (F_0 / R_0^{вн} - F_0 / R_0^{сущ}) * (t_{вн} - t_n) * n * T_{от} * 0,86 * 10^{-6}, \text{ Гкал / год} \quad (1)$$

где F_0 – площадь ограждающих конструкций оконных проемов, м²;

R_0 – сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, (м² °С)/Вт;

$t_{вн}$ – расчетная температура воздуха внутри помещения, °С;

t_n – расчетная температура наружного воздуха для отопительного сезона, °С;

n – коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, принимаемый согласно СНБ 2.01.01-93 «Строительная теплотехника»;

$T_{от}$ – число часов отопительного периода, ч/год.

Экономия по добавочному годовому расходу теплоэнергии на нагрев наружного воздуха рассчитывается по формуле (2):

$$Q_u = 0,24 * F_0 * A_0 * (G_0^{вн} - G_0^{сущ}) * (t_{вн} - t_n) * T_{от} * 10^{-6}, \text{ Гкал / год} \quad (2)$$

где A_0 – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока; для окон и балконных дверей с отдельными переплетами равен 0,8, со спаренными переплетами – 1;

G_0 – количество воздуха, поступающего в помещения жилых и общественных зданий путем инфильтрации через окна и балконные двери, кг/(м² ч), определяемое по формуле (3):

$$G_0 = P / R_g, \text{ кг / (м}^2\text{ч)} \quad (3)$$

где R_g – сопротивление воздухопроницанию оконных блоков, м²чПа/кг;

P – разность давления воздуха у наружной и внутренней поверхностей наружных ограждающих конструкций оконных проемов, Па (Н/м²), принимается 1,3-1,8 Н/м².

Суммарная площадь планируемых к замене ограждающих конструкций оконных проемов и входных групп составляет 312 м². Фактическая продолжительность отопительного периода принимается равной 194 суток. Расчетная температура внутри помещений составляет +18°С. Средняя температура наружного воздуха за отопительный период принимается -0,9°С.

Годовая экономия теплоэнергии от замены ограждающих конструкций оконных проемов и входных групп составит:

$$Q_0 = (312 / 0,85 - 360 / 0,25) * (18 - (-0,9)) * 1 * 194 * 24 * 0,86 * 10^{-6} = 66,7 \text{ Гкал / год или } 11,7 \text{ тунт / год.}$$

$$Q_u = 0,24 * 312 * (2,3 / 0,4 - 2,3 / 9) * (18 - (-0,9)) * 194 * 24 * 10^{-6} = 36,2 \text{ Гкал / год или } 6,3 \text{ тунт / год.}$$

$$Q_{cm} = 66,7 + 36,2 = 102,9 \text{ Гкал / год или } 17,5 \text{ тунт / год.}$$

Ожидаемый экономический эффект от внедрения мероприятия при планируемой на 2022 год стоимости тонны условного топлива в размере 210 долл. составит: $17,5 * 210 = 3675$ долл. Стоимость 1 м² стеклопакета с учетом установки составляет 96 долл. капитальные затраты с учетом монтажных работ по реконструкции ограждающих конструкций оконных проемов и входных групп с внедрением стеклопакетов с ПВХ-профилем составляет $312 * 96 = 29952$ долл.

Средний срок полезного использования стеклопакетов с ПВХ-профилем, согласно технической документации, составляет 20-40 лет, ставка рефинансирования – 12%.

Чистый дисконтированный доход рассчитывается следующим образом:

$$ЧДД = - \sum_{t=0}^{T_{cmp}} \frac{K_t}{(1+E)^t} + \sum_{t=T_{cmp}+1}^{T_{cmu}} \frac{П_t}{(1+E)^t}, [\text{долл.}] \quad (4)$$

При $T_{cmu} = 34$ лет, $E_n = 12\%$, $П = 3675$ долл., $K = 29952$ долл. расчеты будут проведены в таблице Excel. $ЧДД = 23,37$ долл.

На рисунке (1) представлена зависимость ЧДД от периода соответственно.

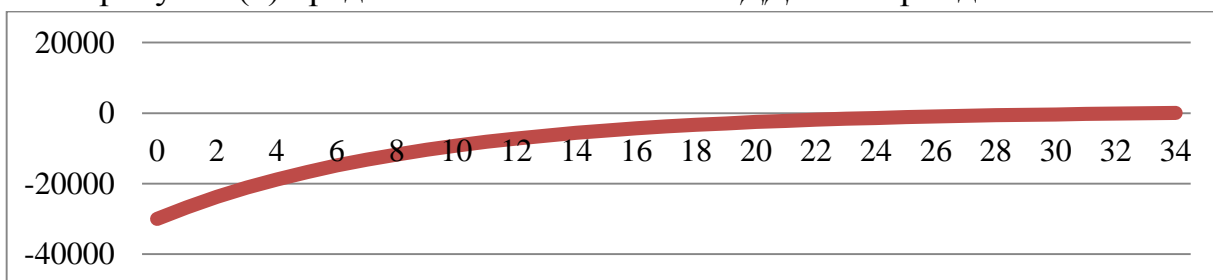


Рисунок 1 – Зависимость ЧДД от времени

Индекс доходности рассчитывается следующим образом:

$$ИД = \frac{ЧДД}{\sum_{t=0}^{T_{cmp}} K_t (1+E)^{-t}} + 1, \quad (5)$$

Динамический срок окупаемости:

$$T_{ок}^d = T_{min} + (T_{max} - T_{min}) \frac{|ЧДД_{min}|}{ЧДД_{max} + |ЧДД_{min}|}, [\text{лет}] \quad (6)$$

Внутренняя норма доходности:

$$E_{внд} = E_1 + \frac{ЧДД(E_1)}{ЧДД(E_1) - ЧДД(E_2)} \cdot (E_2 - E_1), \quad (7)$$

Замена теплообменников в теплоузлах зданий

В теплоузлах зданий банка ряд теплообменников требует замены, так как относительно изношены и морально устарели.

Если сравнить с кожухотрубными, пластинчатые теплообменники имеют принципиальные преимущества: более высокий коэффициент теплопередачи, меньшую массу, возможность изменения производительности за счет изменения числа пластин, что экономит средства на приобретение дополнительного оборудования и его монтаж.

Энергетическая эффективность работы пластинчатого теплообменника по отношению к кожухотрубному скоростному водоподогревателю определяется по формуле:

$$Q_T = F_T * T_r * t_r * (q_{пл} - q_{кт}) * 0,86 * 10^{-6}, \text{ тунт} / \text{год} \quad (8)$$

где F_T – площадь рабочей части теплообменника, m^2 ;

T_r – годовое время работы теплообменника, ч/год;

$q_{пл}$, $q_{кт}$ – коэффициент теплопередачи соответственно пластинчатого и кожухотрубного теплообменников, $ккал/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

Коэффициенты теплопередачи составляют: для изношенных кожухотрубных скоростных теплообменников $q_{кт}=1850-2000 \text{ Вт}/(m^2 \cdot ^\circ C)$; для пластинчатых теплообменников $q_{пл}=2000-2200 \text{ Вт}/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

t_r – перепад температур в теплообменнике, $^\circ C$.

Суммарная площадь рабочей поверхности заменяемых теплообменников составляет 6 м^2 . Годовое время работы теплообменников составляет 3020 часов. Перепад температур в теплообменнике принимается равным $25 \text{ }^\circ C$. Годовая экономия теплоэнергии от замены теплообменников составит:

$$Q_T = 6 * 3020 * 25 * (2100 - 1950) * 0,86 * 10^{-6} = 58,4 \text{ Гкал} / \text{год или } 9,9 \text{ тунт} / \text{год}$$

Ожидаемый экономический эффект от внедрения мероприятия при планируемой на 2022 год стоимости тонны условного топлива в размере 210 долл. составит $9,9 * 210 = 2178$ долл. Капитальные затраты с учетом монтажных работ по замене теплообменников составят 6050 долл.

По аналогии с пунктом 1 был произведен расчёт технико-экономических показателей для пункта 2. Оценим результаты в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчётов

№	Наименование	Обозначение	Размерность	1	2
1.	Капиталовложения	K	долл.	29952	6050
2.	Экономический эффект	Π	долл.	3675	2178
3.	Чистый дисконтированный доход	$ЧДД$	долл.	23,37	565,35
4.	Индекс доходности	I_{δ}	–	1,001	1,09
5.	Внутренняя норма доходности	$E_{внд}$	%	12,01	16,37
6.	Динамический срок окупаемости	T_{δ}	лет	33,7	3,59

Заключение

Так как проведение мероприятий по снижению потребления топливно-энергетических ресурсов является приоритетным направлением в политике республики, то на основе расчётов и анализа таблицы (1) наиболее эффективным методом является замена теплообменников в узлах зданий, т.к. имеет больший экономический эффект (2178 долл.), индекс доходности (1,09) и внутреннюю норму доходности (16,37%). Срок окупаемости составил 3,59 лет.

Литература

1. Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь Энергоэффективность / А.В. Филипович, В.Н. Герасименко, Л.В. Шенец, Н.Т. Ивченко // Ежемесячный научно-практический журнал. – 2022 – №9 (299) – С. 6-10
2. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://pandia.ru/text/77/182/38370.php> - Дата доступа: 26.10.2022

УДК 620.92

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ С УЧЕТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИЭ
TRANSFORMATION OF THE FUEL AND ENERGY BALANCE OF THE
REPUBLIC OF BELARUS TAKING INTO ACCOUNT THE USE OF RES**

А.С. Стасевич

Научный руководитель – Т.Ф. Манцерова, к.э.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Stasevich

Supervisor – T. Mantserova, Candidate of Economic Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** для достижения целей устойчивого развития Республикой Беларусь необходимы существенные изменения в процессе потребления топливно-энергетических ресурсов. В данном материале будет рассмотрена тема рациональной генерации и потребления, а также потенциал использования возобновляемых источников энергии для снижения энергетической зависимости страны.*

***Abstract:** to achieve the goals of sustainable development, the Republic of Belarus needs significant changes in the process of consumption of fuel and energy resources. This material will consider the topic of sustainable generation and consumption, as well as the potential of using renewable energy sources to reduce the country's energy dependence.*

***Ключевые слова:** развитие, энергетика, ресурсы, энергоэффективность, цели устойчивого развития, возобновляемые источники энергии.*

***Keywords:** development, energy, resources, energy efficiency, sustainable development goals, renewable energy sources.*

Введение

Проблема исчерпаемости топливно-энергетических ресурсов актуальна уже давно и с каждым годом ее значимость для потребителей лишь усиливается. Технологическая структура производства энергии в стране такова, что практически все энергообъекты работают на природном газе, который в структуре валового потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) занимает наибольшую долю – 59%. В настоящее время, Республика Беларусь входит в двадцатку наиболее энергозависимых стран мира, так как ее энергетическая зависимость составляет 83,8%. Обеспеченность в стране природным газом, который необходим для работы станций, оставляет всего лишь 2% [1]. Большая часть потребности в недостающих ТЭР покрываются за счет импорта из Российской Федерации. Руководством страны предпринимались попытки снизить стоимость 1 тыс. м³ природного газа, но в течение последних лет стоимость менялась и стабильность не прослеживалась. На 2022 год стоимость 1 тыс. м³ природного газа составляет 128,5 долларов США, как и в прошлом году, в то время как на европейском рынке она сейчас существенно выросла и достигает 650 долларов США [2].

Основная часть

В этой связи, приоритетным направлением для развития энергетики страны является максимальное вовлечение мощностей возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для оптимизации топливно-энергетического баланса Республики Беларусь. Внедрение ВИЭ в энергетический баланс позволит достичь семи целей устойчивого развития:

- Недорогостоящая энергия и чистая энергия – 7 цель;
- Индустриализация, инновация и инфраструктура – 9 цель;
- Устойчивые города, населенные пункты – 11 цель;
- Ответственное потребление и производство – 12 цель;
- Борьба с изменением климата – 13 цель;
- Сохранение экосистем суши – 15 цель;
- Партнёрство в интересах устойчивого развития – 17 цель.

В рамках перспективы создания общего энергетического рынка доля использования ВИЭ увеличивается. Так, например, в 2019 году установленная мощность установок ВИЭ составляла 307,9 МВт, а в 2022 году уже 486,7 МВт [3].

Ввод большего числа возобновляемых источников энергии играет важную роль в ценообразовании производимых источников энергии. Внедренные ВИЭ в мире уже показывают выдающиеся результаты: стоимость электроэнергии от возобновляемых источников уже ниже, чем от невозобновляемых (примерно 37 долл. США/МВт·ч от солнечных фотоэлектрических панелей и 40 долл. США/МВт·ч от ветроустановок против 59 долл. США/МВт·ч от установок на газе и 113 долл. США/МВт·ч от установок на угле).

Возобновляемые источники энергии оказывают непосредственное влияние на четыре индикатора Концепции энергетической безопасности республики:

- Отношение объема производства (добычи) первичной энергии к валовому потреблению ТЭР;
- Отношение объема производства (добычи) первичной энергии из возобновляемых источников энергии к валовому потреблению ТЭР;
- Долю доминирующего поставщика энергоресурсов в общем импорте ТЭР;
- Долю доминирующего вида топлива в валовом потреблении ТЭР.

Согласно Концепции энергетической безопасности, показатель отношения объема производства (добычи) первичной энергии к валовому потреблению ТЭР при нормальном значении составляет 30 % и критическом – 16 %. В 2015 году значение индикатора составляло 14 %, что соответствует критическому значению, а в 2021 году – 16 % и улучшилось до предкритического. Показатели отношения объема производства (добычи) первичной энергии из возобновляемых источников энергии к валовому потреблению ТЭР составляют 14 % при нормальном уровне и 5 % критическом. В 2015 году значение индикатора составило 5 %, что соответствует критическому уровню. В 2021 году значение повысилось до 6 % и соответствует предкритическому состоянию [4].

Заключение

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что применение возобновляемых источников энергии для генерации может существенно улучшить показатели индикаторов энергетической безопасности страны, а в ряде случаев, даже достигнуть нормального уровня некоторых из них. Использование установок ВИЭ позволит населению получить доступ недорогому электроснабжению и к теплоснабжению. Поддержка требуемого уровня конкурентоспособности отечественных товаров и услуг и необходимость роста энергетической безопасности страны требует рационального использования местных видов топлива и максимального использования установок ВИЭ. Альтернативная энергетика все еще остается дороже традиционной, но достаточно конкурентоспособна, а по мере развития научно-технологического прогресса можно говорить о том, что уже в ближайшем будущем ее использование станет более доступным.

Литература

1. Энергетический баланс Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_39984/. – Дата доступа: 17.09.2022.
2. Протокол о ценах на газ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.minenergo.gov.by/press/glavnye-novosti/podpisan-protokol-o-tsenakh-na-rossiyskiy-gaz-dlya-belarusi-na-2022-god/>. – Дата доступа: 17.09.2022.
3. Мощность установок ВИЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа - <https://minenergo.gov.by/press/aktualno/moshchnost-ustanovok-vie-v-belarusi-k-2025-godu-uvlechitsya-v-1-5-gaza/>. - Дата доступа: 17.09.2022.
4. Показатели объема добычи ТЭР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/upload-belstat/upload-belstat-word/Formi/2019/Centralizovannwe/m1_fuel_04_03_2019.docx. - Дата доступа: 17.09.2022.

УДК 620

**ПРОГРАММНЫЙ КОНТРОЛЬ И УЧЁТ ТЭР НА ПРОМЫШЛЕННОМ
ПРЕДПРИЯТИИ**
**PROGRAM CONTROL AND ACCOUNTING OF FUEL AND ENERGY
RESOURCES AT AN INDUSTRIAL ENTERPRISE**

А.Д. Рыдзевская, К.А. Адамович

Научный руководитель – Е.П. Корсак, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск,

A. Rydzevskaya, K. Adamovich

Supervisor – E. Korsak, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье представлен обзор Программный Комплекс «Энергосфера», главная задача которого ведение учёта и контроля потребления топливно-энергетических ресурсов на промышленном предприятии. Также в статье рассмотрены основные функции комплекса, анализ энергопотребления, интерфейс картографии и кабинет оператора программы.

Abstract: this article presents an overview of the «Energosphera» Software Package, the main task of which is to keep records and control the consumption of fuel and energy resources at an industrial enterprise. The article also discusses the main functions of the complex, energy consumption analysis, cartography interface and the operator's office of the program.

Ключевые слова: топливно-энергетические ресурсы, программный комплекс, энергоэффективность, энергопотребление, промышленные предприятия, топливно-энергетический баланс, автоматизация.

Keywords: fuel and energy resources, software package, energy efficiency, energy consumption, industrial enterprises, fuel and energy balance, automation.

Введение

Основой повышения энергоэффективности любого промышленного предприятия является организация автоматизированного учета всех используемых на нем топливно-энергетических ресурсов.

Системы мониторинга энергопотребления предоставляют пользователям данные об их моделях потребления, чтобы они могли принимать обоснованные решения по управлению энергопотреблением и максимизировать экономию.

В этих системах используются программы для мониторинга энергопотребления, которое собирает данные о потреблении топливно-энергетических ресурсов, анализирует их и затем предоставляет полезную информацию непосредственно на устройство потребителя. Информация может отображаться множеством различных способов.

Программы для управления топливно-энергетическим потреблением обеспечивают систему мониторинга и оптимизации энергопотребления путем сбора, анализа и сравнения данных о потреблении любого энергетического вектора из систем, специфичных для конкретного

промышленного предприятия, в режиме реального времени. Они также генерируют отчеты о том, как снизить затраты и потребление.

Основная часть

Компания «Прософт-Системы» занимается разработкой, поставкой и внедрением высокотехнологичных приборов, систем автоматизации и программного обеспечения для энергетической, нефтегазовой, металлургической и других отраслей промышленности. Так, данной компанией был разработан ПК «Энергосфера» версией 8.1 в октябре 2021 года.

ПК «Энергосфера» предназначен для создания автоматизированных систем коммерческого и технического учета различных видов топливно-энергетических ресурсов: природный газ, нефть, уголь и др. Чтобы эффективно управлять производством, важно иметь текущую и ретроспективную картину потребления всех типов топливных энергоресурсов в абсолютных и относительных единицах измерения.

ПК «Энергосфера 8» обеспечивает решение следующих задач:

- Автоматизированный сбор данных по учету топливно-энергетических ресурсов: показания (суточные, месячные), профили нагрузки, журналы событий, текущие измерения параметров.
- Поддержка комплексного учета различных видов энергетических ресурсов (электроэнергия, тепловая энергия, природный газ и др.)
- Контроль достоверности результатов измерений и замещение результатов измерений за отсутствующие периоды.
- Расчет суммарных показателей топливно-энергетических ресурсов по различным группам объектов, анализ балансов (приход/расход/отдача).
- Формирование сводной отчетности (отчеты о потреблении ресурсов, отчеты о техническом обслуживании, потребительские отчеты и другие).
- Ведение нормативно-справочной информации о точках учета, предприятиях.
- Эксплуатационный мониторинг состояний приборов учета, каналов связи, программного и аппаратного обеспечения, регистрация и обработка критических событий, в том числе: вмешательство в оборудование комплекса (санкционированное и несанкционированное), отклонение от режимов потребления, изменение локальных небалансов свыше порогового значения и т. д.
- Ведение информации об установках, заменах, техническом обслуживании и ремонте приборов учета, включая обработку заявок на подключение/отключение.
- Администрирование системы, включая управление пользователями, правами пользователей и их доступом к объектам на основе ролевой модели разграничения прав доступа.
- Управление доступом к счетчикам. Генерация и централизованное хранение параметров доступа к интеллектуальным приборам учета потребителей топливной энергии. Автоматизированное управление паролями приборов учета.

- Удаленное ручное, полуавтоматическое (подготовка заявки по требованиям) ограничение/отключение потребления абонента, выдача разрешения на включение потребления.
- Групповое администрирование системы. Ведение типовых точек учета, заполнение групп абонентов по шаблонам и из xls-макетов (адреса, ФИО, зав. номер счетчика и т. п.). Типовые правила наименования.
- Возможность автоматической привязки счетчиков по заданным правилам.
- Интеграция с системой документооборота предприятия на базе решения MS SharePoint.
- Контроль качества топливно-энергетических ресурсов.
- Прогнозирование потребления топливно-энергетических ресурсов.

ПК «Энергосфера» позволяет предоставить пользователю топливно-энергетический баланс предприятия, представленный на рисунке 1, в виде набора расчетных схем структуры потребления энергоресурсов по их типам и подразделениям, размещения приборов учета в структуре предприятия, балансов распределения энергоресурсов по отдельным цехам и т. д. Расчет итоговой информации ведется автоматически по мере поступления измерений с приборов учета.

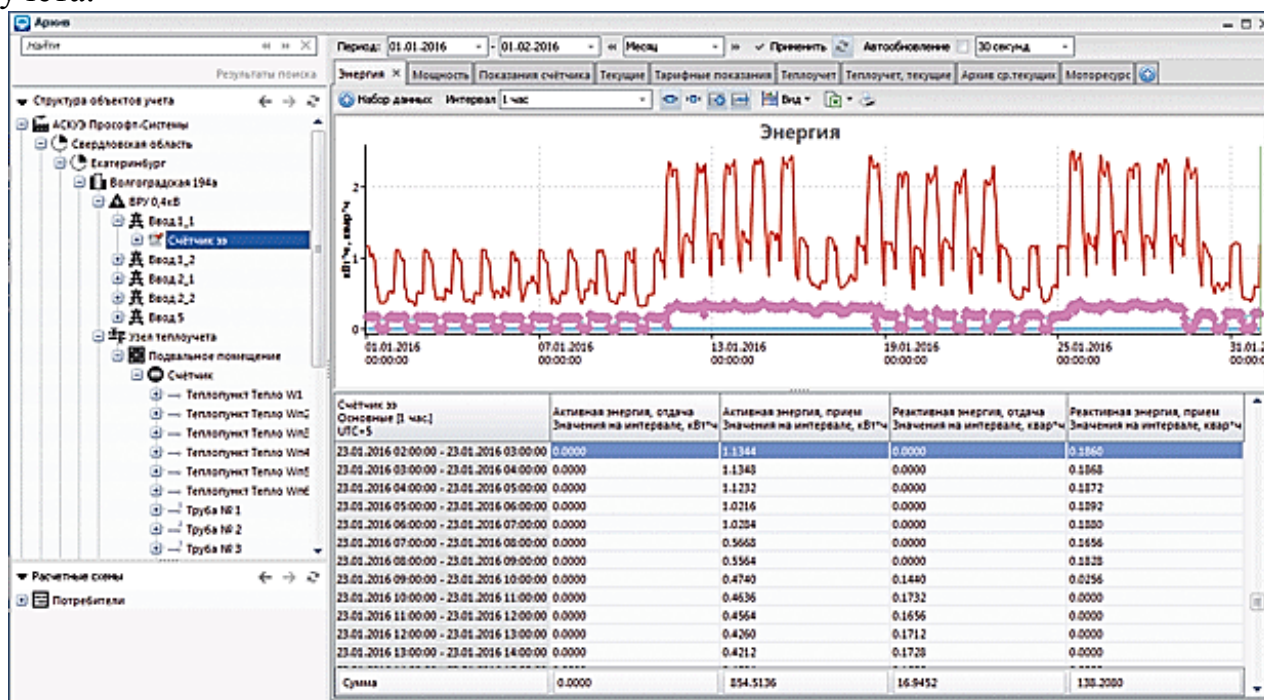


Рисунок 1 – Анализ энергопотребления в ПК "Энергосфера"

Анализ энергобаланса предприятия позволяет не просто лучше понять структуру потребления энергоресурсов, но и отслеживать динамику изменения их расхода, своевременно выявлять и устранять все непроизводительные потери.

Наряду с учетом энергоресурсов можно организовать и диспетчерский контроль технологических процессов предприятия. Система позволяет отслеживать и сопоставлять с заданными пределами текущие значения различных параметров на мнемосхеме процесса, анализировать поведение параметров на графиках, выдавать управляющие воздействия, фиксировать

нарушения в журнале событий. Своевременная реакция на нарушения технологических процессов помогает не допустить перерасхода энергоресурсов и снизить ущерб от возможных аварий на предприятии.

Универсальные средства картографии, представленные на рисунке 2, позволяют настраивать отображение на карте местности.

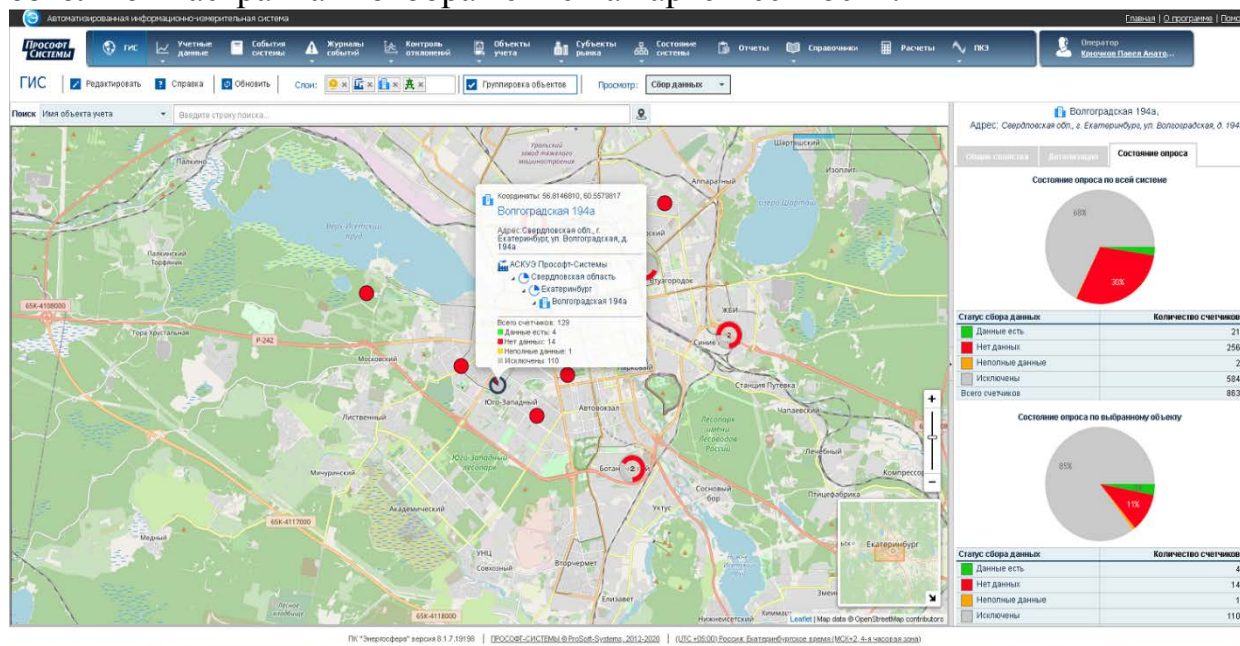


Рисунок 2 – Интерфейс картографии ПК «Энергосфера»

В рамках кабинета Оператора доступны следующие функции:

- ГИС — навигация объектов учета и контроль сбора данных на географической карте.
- Учетные данные:
 - просмотр и анализ учетных данных (показания, профиль нагрузки);
 - детализация потребления;
 - фиксация показаний;
 - прием показаний от потребителей;
 - формирование маршрутных листов для съема показаний;
 - импорт показаний счетчиков из xls-файла и ручной ввод показаний приборов учета.
- критические ситуации
- отрисовка различных слоёв, включая: объекты, регионы, схемы.

Таким образом, применение на базе единого программного комплекса «Энергосфера 8» позволяет создать информационную основу для отчетно-аналитической деятельности, планирования и оценки мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности промышленного предприятия.

Отметим, что ПК «Энергосфера» предоставляет пользователям широкие возможности по организации и ведению отчетно-аналитической деятельности. Для формирования отчетов используются типовые шаблоны, поставляемые с программным обеспечением. С помощью встроенного редактора быстро и просто создаются любые новые шаблоны и отчеты.

Заключение

Таким образом, на сегодняшний день основной задачей технологий является полное перестроение современного производства, решая целый спектр важных задач. Новые технологии направлены на ускорение расчетов и вычислений. Кроме того, с приходом программ в производство, единая система даст возможность в кратчайшие сроки обмениваться данными в автоматическом режиме, а также повышает эффективность учёта и контроля на предприятии.

Литература

1. Крючков, П. А. Автоматизация учета энергоресурсов на базе ПК «Энергосфера 8» // Журнал «ИСУП». – 2016. – №5. С. 65
2. Как цифровизация промышленных предприятий упрощает производство [Электронный ресурс] // ИЗДАТЕЛЬСТВО СК ПРЕСС. – Режим доступа: <https://www.itweek.ru/industrial/article/detail.php?ID=222420>. – Дата доступа: 20.10.2022.

УДК 504

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИЭ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА
USE OF RES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE REGION**

А.В. Тарасюк

Научный руководитель – Е.П. Корсак, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск,

А. Tarasyuk

Supervisor – E. Korsak, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье рассматривается применение возобновляемых источников энергии, как метод увеличения энергетической безопасности и эффективности, с точки зрения развития регионов, малых населённых пунктов.

Abstract: this article discusses the use of renewable energy sources as a method of increasing energy security and efficiency, from the point of view of the development of regions, small settlements.

Ключевые слова: энергетика, возобновляемые источники энергии, экономическая выгода, экология, нулевые выбросы, устойчивое развитие

Keywords: energy, renewable energy sources, economic benefit, ecology, zero emissions, sustainable development

Введение

В современном мире происходит постоянная модернизация производства. На смену третьей промышленной революции последовала четвертая, называемая «Индустрия 4.0». Данная революция характеризуется внедрением новых информационных и цифровых технологий в промышленность, роботизацией, увеличением доли использования искусственного интеллекта. Главной особенностью «Индустрии 4.0» является постоянный мониторинг воздействия антропогенных факторов, влияющих на окружающую среду. Одним из путей снижения выбросов углекислого газа в атмосферу является использование технологий возобновляемых источников энергии.

Основная часть

К возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) относят энергию ветра, солнца, приливов, геотермальную энергию и биомассы. Главное преимущество их использования – экономическая и экологическая выгода. Также ВИЭ являются альтернативой ископаемым видам топлива и производят низкие или нулевые выбросы парниковых газов и меньше загрязняют окружающую среду. Инвестиции в возобновляемые технологии приносят дополнительную выгоду, стимулируя занятость и экономический рост, что приближает мир к низкоуглеродной экономике. [1]

Местные органы власти при внедрении генераторных установок на возобновляемых источниках энергии могут значительно сократить свой углеродный след. Использование различных комбинаций возобновляемой энергии в регионах имеет ряд преимуществ:

- Уменьшение коэффициента загрязнения воздуха: за снижением

парниковых выбросов последует оздоровление населения, что приведёт к сокращению бюджета здравоохранения.

- Диверсификация энергоснабжения и снижение зависимости от импортного топлива: применение ВИЭ обеспечивают защиту от финансовых рисков и улучшают качество электроэнергии и надёжность поставок. [2]
- Экономическое развитие и новые рабочие места в производстве: кроме воздействия на окружающую среду, возобновляемые источники энергии оказывают положительное влияние на экономику. Это особенно важно для некоторых малоразвитых регионов. Появление новых рабочих мест может предотвратить миграцию из сельской местности в город.[3]

Помимо этого, комплексный региональный подход к быстрому переходу от ископаемого топлива к возобновляемым источникам энергии в сильно загрязняющих секторах, а именно отоплении и охлаждении домов, и транспорте, имеет основополагающее значение. [4] При использовании солнечных водонагревателей можно сэкономить около 65% традиционных энергоресурсов в год, требуемых для нагрева такого же объёма воды. Установка солнечных панелей на крышах домов может сократить также потребление традиционной энергии. Солнечные панели преобразовывают энергию солнца и вырабатывают электроэнергию, которая может использоваться для освещения и обогрева домов, работы бытовой техники. Использование данной технологии поможет значительно сократить расходы на коммунальные услуги.

Ещё одним немаловажным аспектом является развитие технологий, основанных на альтернативной энергии в промышленности. Благодаря использованию местных видов топлива и возобновляемых источников энергии существует возможность значительно сократить затраты традиционных энергоресурсов, требуемых для осуществления различных энергоёмких процессов в промышленном производстве для снабжения электрической и тепловой энергией, паром. Эксплуатация собственных котельных установок, мини-ТЭЦ поможет снизить затраты на закупку энергии у сторонних организаций, решат проблему утилизации отходов производства и неликвидной продукции в деревообработке, сельском и лесном хозяйстве.

Заключение

Внедрение альтернативных источников энергии в баланс топливно-энергетических ресурсов позволит увеличить энергетическую безопасность государства, снизить зависимость от импортного сырья, энергоёмкость производства, повысит надёжность энергоснабжения и окажет положительное влияние на развитие регионов благодаря снижению энергоёмкости производства, снижению себестоимости конечной продукции, развитию человеческого потенциала.

Литература

1. Возобновляемая энергия и доступ к энергии [Электронный ресурс] -Режим доступа: <https://www.thegef.org/what-we-do/topics/renewable-energy-and-energy-access>. – Дата доступа: 29.10.2022.
2. Местные преимущества и ресурсы возобновляемой энергии [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.epa.gov/statelocalenergy/local-renewable-energy-benefits-and-resources>. – Дата доступа: 30.10.2022.
3. Каковы преимущества и недостатки возобновляемых источников энергии? [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2021/09/advantages-and-disadvantages-of-renewable-energy>. – Дата доступа: 30.10.2022.
4. Отчет о глобальном статусе возобновляемых источников энергии в городах. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.ren21.net/reports/cities-global-status-report/>. – Дата доступа: 30.10.2022.

УДК 620.9

**АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИЭ
ANALYSIS OF RENEWABLE ENERGY USE**

П.Г. Назарова

Научный руководитель – Е.П. Корсак, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

P. Nazarova

Supervisor – E. Korsak, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данном тезисе рассмотрен вопрос использования ВИЭ на территории нашей страны, так же описаны плюсы и минусы использования ВИЭ.

Annotation: this thesis considers the issue of using renewable energy sources on the territory of our country, and also describes the pros and cons of using renewable energy sources.

Ключевые слова: ВИЭ, топливно-энергетические ресурсы, экология, нетрадиционные ВИЭ, преимущества, недостатки.

Key words: RES, fuel and energy resources, ecology, non-traditional RES, advantages, disadvantages.

Введение

В Республике Беларусь отсутствуют собственные сырьевые топливно-энергетические ресурсы в достаточных объемах для удовлетворения потребностей страны. Основным потребляемым энергетическим топливом Беларуси является природный газ, импортируемый из Российской Федерации. На природном газе работают большинство теплоэлектростанций республики, его потребляют промышленные предприятия в качестве технологического сырья и топлива, коммунально-бытовой сектор и население на нужды отопления и приготовления пищи. Такая структура топливного баланса сложилась еще в советское время, когда использование природного газа было наиболее экономически целесообразным и экологически «чистым» по сравнению с другими видами органического топлива (уголь, торф, мазут).

Основная часть

Так как Беларусь обеспечена собственными традиционными энергоносителями менее чем на 20 %, естественно, возникает потребность в использовании возобновляемых энергетических источниках, чтобы как-то компенсировать недостаток собственных энергоресурсов. [1]

В то же время в последние десятилетия в топливно-энергетическом балансе республики постоянно наращивается использование возобновляемых источников энергии (гидро-, ветро- и солнечная энергия, биогаз и т.д.) (рис.1) и местных видов топлива — дрова и древесные отходы, торф.



Рисунок 1 – Основные виды нетрадиционных ВИЭ

Возобновляемая или «зеленая энергия» является одной из форм энергии, происходящей из неисчерпаемых или регенерируемых, в течение короткого отрезка времени, источников, таких как лучи солнца, ветер, реки, биомасса и др. Энергия из этих источников может быть получена различными методами, а затем преобразована в электричество и тепло. Преимуществом этих процессов является получение чистой энергии, что снижает вредное воздействие на окружающую среду, повышение энергетической независимости, уменьшение платы по счетам (горячая вода, электричество) (рис. 2). Таким образом, ВИЭ представляют собой новую ступень современной энергетики. [2]



Рисунок 2 – Преимущества и недостатки использования ВИЭ

К недостаткам можно отнести большой срок окупаемости и высокую стоимость энергии на начальном этапе. Еще одним недостатком на данный момент является нестабильность выработки. В мире активно работают над решением этой проблемы, пытаясь найти эффективные способы хранения энергии. И, возможно, в скором времени этот вопрос уже не будет стоять так остро, ведь за последние 20 лет стоимость генерации снизилась на 80%, поэтому с ростом популярности ВИЭ и развитием технологий произойдет повышение эффективности хранения энергии.

Заключение

Исходя из вышесказанного можно сделать основные выводы по тезису, а именно на смену стандартным топливно-энергетическим ресурсам приходят ВИЭ. Благодаря этому не происходит исчерпание ресурсов, которые и так находятся в недостатке на территории нашей страны. Так же использование ВИЭ не несет таких убытков для природы (различные выбросы).

Литература

1. World Energy Balances: Overview (2019 edition) [Электронный ресурс]: International Energy Agency. - Электронные данные. - Режим доступа: https://iea.blob.core.windows.net/assets/8bd626f1-a403-4b14-964ff8d0f61e0677/World_Energy_Balances_2019_Overview.pdf
2. О планируемых изменениях в законодательстве в сфере использования ВИЭ [Электронный ресурс]. - Электронные данные. - Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/o-planiruemyh-izmenenijah-v-zakonodatelstve-v-sfere-ispolzovanija-vozobnovljaemyh-istochnikov-jenergii/>.

УДК 620.9

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
ТЕХНОЛОГИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ
PROMISING DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF ENERGY
TECHNOLOGIES IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

А.С. Щербова

Научный руководитель – Е.П. Корсак, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Scherbova

Supervisor – E. Korsak, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье отражены актуальные направления развития энергетики в Беларуси. Основными технологическими решениями являются термоядерная-, пьезоэлектрическая-, геотермальная установки.

Ключевые слова: энергетика, развитие, ВИЭ, термоядерная установка, пьезогенератор, геотермальная энергетика.

Annotation: the article reflects the current trends in the development of energy in Belarus. The main technological solutions are thermonuclear, piezoelectric, geothermal installations.

Key words: energy, development, RES, thermonuclear plant, piezogenerator, geothermal energy.

Введение

В настоящее время в Республике Беларусь основными источниками энергии являются электростанции и районные котельные. Именно они вырабатывают 99% всей электроэнергии в стране. Но, так как в нашей республике был принят Закон «О возобновляемых источниках энергии», то и с этого момента был взят новый курс, направленный на добычу и использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

В связи с различного рода природными и географическими условиями в Беларуси, не все виды установок доступны для добычи энергии. Про ветровые и солнечные установки уже много было рассказано, поэтому в данной статье будут рассмотрены термоядерные, пьезоэлектрические и геотермальные установки.

Основная часть.

Термоядерная энергетика. Термоядерный синтез с обычной атомной энергетикой обеспечивает большие возможности. Его ресурсная база не ограничена, потому что он основан на сборке тяжелого изотопного источника – дейтерия, которую можно почти выделить из воды. Помимо этого, необходимо использовать еще более тяжелые изотопы – тритий. Его в природе нет, поскольку он неустойчиво относительно растворяется. Но его работа на атомных электростанциях используется в термоядерных экспериментах, которые сейчас ощущаются во всем мире.

Вся особенность термоядерной энергии заключается в том, что она безопасна и экологически нейтральна, ведь на выходе только гелий и энергия.

Так же имеются и некие сложности, потому что, на данный момент еще невозможно изъять из термоядерных установок лишнюю энергию (даже несмотря на то, что сами установки потребляют больше, чем производят).

Все существующие проекты еще не смогли выйти на уровень покрытия затрат. Из реальных проектов можно выделить следующие:

- ITER - Проект международного экспериментального термоядерного реактора типа токамак. Строительство началось в 2010 году, летом 2020 года началась сборка реактора. Срок окончания запланирован на 2025 год.
- EAST - Китайский экспериментальный сверхпроводящий токамак. РАСПОЛОЖЕН В ГОРОДЕ Хэфэй, КНР.
- HL-2M Tokamak – Так же китайский экспериментальный реактор. На данный момент самый успешный из существующих.

Пьезоэнергетика. Пьезоэлектрические генераторы в республике еще не обрели должной популярности. Однако в качестве перспективного направления пьезоэнергетику можно рассмотреть.

Пьезоэлектрические генераторы – генераторы, работающие на основе пьезоэлектрического эффекта. Пьезоэлектрический эффект – возникновение электрических зарядов на поверхности вещества при его механической деформации (рис. 1).

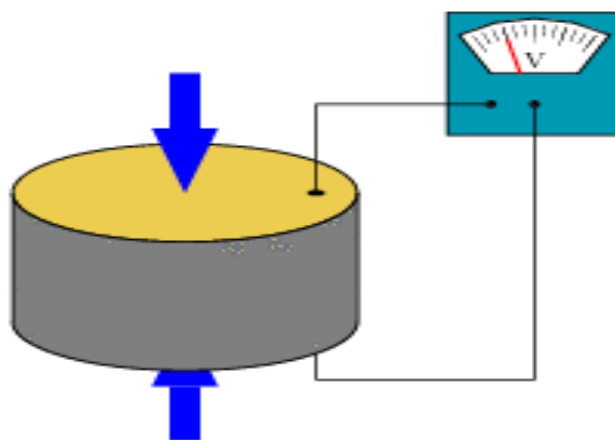


Рисунок 3 – Пьезоэлектрический диск генерирует напряжение при деформации

На текущий момент известно несколько вариантов применения пьезогенераторов в:

- Пьезозажигалках высокого напряжения на специальном разряднике от движения пальца;
- Качестве чувствительного элемента в приемных элементах сонаров, микрофонах, гидрофонов;
- Контактном пьезоэлектрическом взрывателе;
- Датчиков в виде чувствительного к силе элемента;

Из реализованных примеров можно выделить следующие (рис. 2):

- На станции метро «Марунучи» в Токио установлены пьезогенераторы

- в зале для приобретения билетов. Скопления пассажиров хватает для управления турникетами.
- В Лондоне, в элитной дискотеке, пьезогенераторы питают несколько ламп, которые стимулируют танцующих и продажу прохладительных напитков.
 - В Окленде также использовали давление проезжающих машин на трассу для выработки электричества. Но принцип работы в этой системе - механический. Автомобили давят на установленные под асфальтом плиты, которые, в свою очередь, оказывают давление на подземную систему водоснабжения, в результате чего вода поступает на турбины.
 - Израильские разработчики смогли производить пьезоэлектричество в значительных масштабах. Например, в настоящее время на опытном участке возле станции Лод, компания Innowattech устанавливает рельсы с вмонтированными в них пьезогенераторами. По утверждению разработчиков, прохождение по этому участку в час 10-20 поездов с десятью вагонами каждый позволит полностью обеспечить электричеством 150 жилых домов.
 - Две первокурсницы ВШУ в России создали элемент одежды, вырабатывающий и собирающий электроэнергию. Студенты выбрали 8 наиболее подвижных частей человеческого тела. Пьезоэлементы решили разместить на локте или под коленом. Пьезоэлементы очень хрупкие, поэтому для их защиты они использовали силикон.

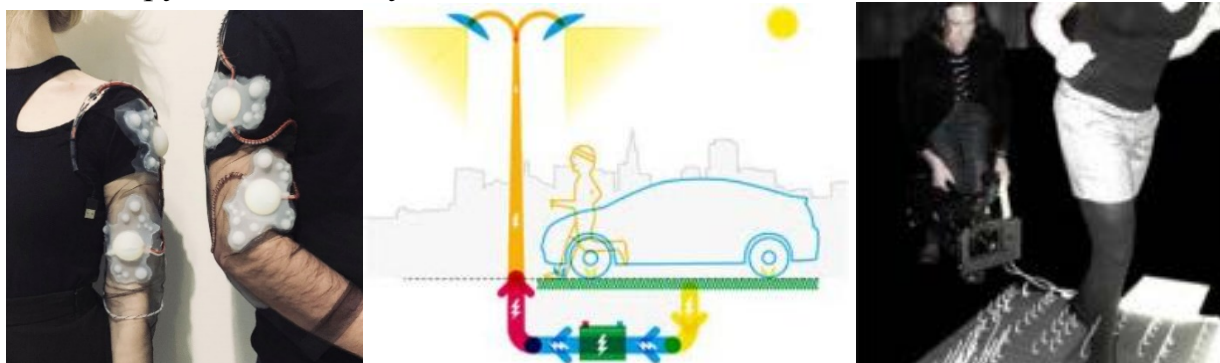


Рисунок 2 – Реализованные пьезогенераторы

Геотермальные установки. Энергия недр – наиболее выгодный и безопасный вариант из существующих видов энергии. Геотермальная энергия - это энергия тепла, которое выделяется из внутренних зон Земли на протяжении сотен миллионов лет

Геотермальный потенциал Беларуси относительно неизвестен, так как было протестировано лишь несколько регионов. Из исследованных регионов наиболее перспективный геотермальный энергетический потенциал залегает в Припятском прогибе (Гомельская область) и Подляско-Брестской впадине (Брестская область), в десятках заброшенных глубоких скважин. Другие изученные районы включают неглубокие осадочные горизонты в западной части страны, в то время как потенциал низкоэнтальпийной геотермальной энергии, как полагают, существует на всей территории (рис. 3).

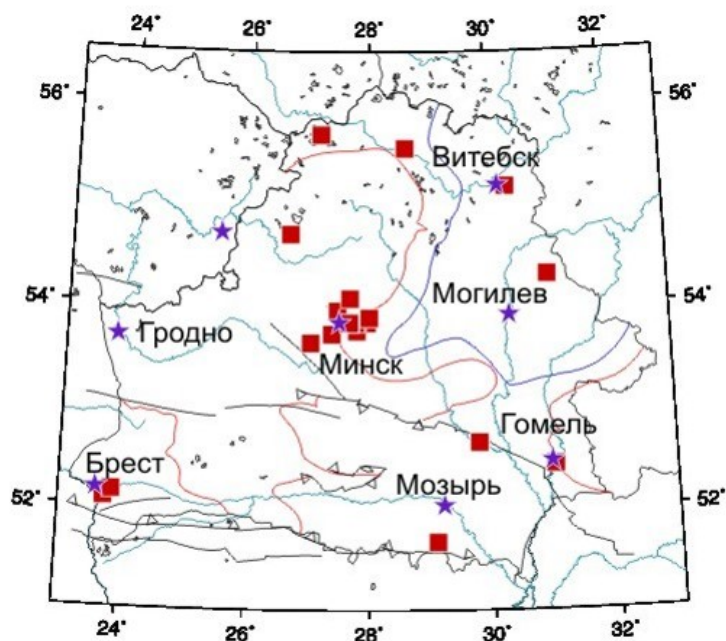


Рисунок 3 – Действующие геотермальные установки

Использование тепловых насосов в Беларуси находится на начальном этапе. По состоянию на начало 2019 года в округе насчитывалось около 276 геотермальных установок с тепловыми насосами (общая мощность около 12,9 МВт), согласно данным Обзора рынка возобновляемой энергии Содружества Независимых Государств (СНГ) на 2019–2028 годы. Эти установки используются для отопления водопроводно-канализационных сетей, коттеджей и больниц (например, в Несвиже). Несомненным преимуществом тепловых насосов является возможность отапливать объекты, не подключенные к системе централизованного теплоснабжения. Однако внедрение тепловых насосов в Беларуси осложняется тем, что грунтовые воды, используемые в геотермальном тепловом насосе, имеют высокую минерализацию, поэтому тепловые насосы требуют более частой и дорогостоящей очистки.

Заключение.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что:

- термоядерные станции не готовы в ближайшем будущем заменить тепловые и ядерные, однако это рано или поздно случится. Все существующие на данный момент реакторы еще находятся в экспериментальном режиме. По последним прогнозам, их могут ввести в эксплуатацию к 2050 году;
- пьезогенераторы могут стать альтернативным источником электроэнергии в Беларуси, однако не в промышленных масштабах;
- геотермальные источники являются возможным перспективным направлением развития энергетики, однако так же не в промышленных масштабах.

Литература

1. Путь к термоядерной энергетике. Интервью с Е.З. Гусаковым и В.Б. Минаевым - сотрудниками ФТИ им. А. Ф. Иоффе [Электронный ресурс]. –

Режим доступа: https://energobelarus.by/interview/put_k_termoyadernoy_energetike_intervyu_s_e_z_gusakovym_i_v_b_minaevym_sotrudnikami_fti_im_a_f_ioffe/ - Дата доступа: 15.07.2022

2. Хабр [Электронный ресурс] / Хабр. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/167523/>. – Дата доступа: 15.07.2022

3. Никифоров В., Гриценко А., Щёголева А. Состояние и перспективы развития пьезоэлектрических генераторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kit-e.ru/elcomp/sostoyanie-i-perspektivy-razv.> – Дата доступа: 18.07.2022.

4. Пьезогенераторы – новые источники электроэнергии. Фантазии или реальность? // «Электрик Инфо»: сетевой журн. 2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektrik.info/main/news/652-pezogeneratorov-nov.> – Дата доступа: 19.07.2022.

5. Geothermal Energy Generation Potential of Belarus [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ineaconsulting.eu/en/blog-en/geothermal-energy-generation-potential-of-belarus> .- Дата доступа: 16.07.22

6. Геотермальные ресурсы недр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecportal.gov.by/nedra/mineralno-syrevaya-baza/dobyvaemoe-syre/geotermalnye-resursy-nedr.>- Дата доступа: 16.07.22

7. Китай зажигает «искусственное солнце»: введён в эксплуатацию термоядерный реактор HL-2M Tokamak [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belaes.by/ru/novosti/mirovaya-yadernaya-energetika/item/3083-kitaj-zazhigaet-iskusstvennoe-solntse-vvedjon-v-ekspluatatsiyu-termoyadernyj-reaktor-hl-2m-tokamak.html.>- Дата доступа: 22.07.22

УДК 330.9

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ
THE USE OF INFORMATION PRODUCTS TO ENSURE THE SAFETY
OF ENERGY FACILITIES**

В.М. Барщевская

Научный руководитель – Е.П. Корсак, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

V. Barshchevskaya

Supervisor – E. Korsak, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: статья рассматривает важность повышения уровня кибербезопасности в энергетике, причины возникновения такой необходимости, описывает основные угрозы и мотивы со стороны киберпреступников, масштабы последствий кибератак, предлагает пути решения имеющейся проблемы.

Abstract: the article examines the importance of improving cyber security in the energy sector, the reasons for this need, describes the main threats and motives of cyber criminals, and the scale of the consequences of cyber-attacks. the main threats and motives of cybercriminals, the scale of the consequences of cyber-attacks, and suggests ways to solve the problem.

Ключевые слова: кибербезопасность, автоматизация, цифровизация, электроэнергетическая система, энергоэффективность.

Keywords: cybersecurity, automation, digitalization, energy system, energy efficiency.

Введение

Энергетический переход, происходящий в современных условиях, непосредственно связан с внедрением процессов автоматизации и цифровизации в сектор энергетики. Они позволяют осуществлять оперативный контроль и учёт показателей системы, ее дистанционное управление, обработку данных, защиту и блокировку действий, нарушающих технологический процесс, своевременно обнаруживать и устранять утечки энергии в сетях. Внедрение автоматизации и цифровизации значительно ускорилось за счёт пандемии covid-19 за счет появления необходимости дистанцировать протекающие в энергосистеме процессы. Использование новых технологий оптимизирует ход производства и распределения энергии, позволяет увеличить энергоэффективность системы за счёт оперативного подключения/выключения дополнительных мощностей с учетом изменения графика нагрузки и сезонных изменений в потреблении энергии, повысить качество показателей поставляемой энергии, однако одновременно служит причиной возникновения новых проблем. Основная из них – обеспечение кибербезопасности электроэнергетических систем.

Основная часть

Энергетика в настоящее время стоит в центре обеспечения деятельности всех отраслей экономики, так как их функционирование завязано на

технологиях, потребляющих электроэнергию. По этой причине основной её задачей является обеспечение бесперебойного энергоснабжения потребителей. В условиях расширения использования интеллектуальных технологий повышается необходимость пристального контроля за их безопасностью [1]. Объекты энергетики являются привлекательной мишенью для киберпреступников, заинтересованных в организации перебоев работы систем, выведении их из строя, получении скрытых данных энергетических предприятий. Среди таких киберпреступников могут оказаться представители сторонних государств, конкурирующих организаций и прочие лица, заинтересованные в перебоех работы энергосистемы или в получении ею убытка, который может достигать колоссальных сумм. Организация кибератак требует тщательного планирования, необходимо четко понимать слабые стороны программного обеспечения и знать, каким образом загрузить туда вредоносные программы. Из чего следует, что за подобными махинациями стоят зачастую не отдельные лица, а группы специалистов, работающие по поручению заинтересованных организаций/государств. Вычисление киберпреступников является практически невозможной задачей, так как атаки происходят удаленно, за частую, с территории других государств. Для предотвращения внедрений в систему извне следует, в первую очередь, определить слабые стороны имеющейся системы защиты. К ним может относиться неактуальность используемого программного обеспечения, отсутствие системы безопасного удаленного доступа, халатность персонала и другие в зависимости от конкретной рассматриваемой ситуации. После анализа этих данных предпринимаются защитные меры и выстраивается система безопасности [2]. Электроэнергетические системы требуют постоянного аудита, так как в зависимости от цели атак имеют различную степень сложности их выявления. Так, например, при атаке с целью кражи информации системы, заметить наличие «шпиона» в системе невооруженным глазом непросто. Для надежной защиты следует постоянно обновлять программное обеспечение и использовать сразу несколько систем защиты. Некоторые организации держат в тайне, используемые на станциях системы защиты, так как без этой информации поиск путей внедрения в систему становится слишком время- и ресурсозатратным для хакеров. Не менее важным является знание правил информационной безопасности сотрудниками, так как в таком случае они смогут избежать ошибок, приводящих к внедрению киберпреступников в сеть, а в случае, если это произошло, своевременно их обнаружить.

Заключение

Электроэнергетическая система является сложным техническим объектом, который обеспечивает энергией все отрасли промышленности, стратегически важные объекты для жизнедеятельности населения и государства, частных потребителей энергии и требует обеспечения максимально возможного уровня безопасности. Обеспечение кибербезопасности – достаточно дорогостоящий процесс, однако, учитывая возможные последствия кибератак, является целесообразным.

Литература

1. Пять шагов к цифровизации энергетики. – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/5d6796719a7947b5b36a5972> - Дата доступа: 23.10.2022.
2. Современный взгляд на безопасность. Энергетика. – Режим доступа: <https://www.evraas.ru/industries/energy/> - Дата доступа: 23.10.2022.

УДК 336.74

**ЭЛЕКТРОННЫЕ ДЕНЬГИ КАК ИННОВАЦИОННЫЙ
ПЛАТЕЖНЫЙ СПОСОБ
ELECTRONIC MONEY AS AN INNOVATIVE PAYMENT METHOD**

К.Д. Шешко

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

K. Sheshko

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в данной статье рассмотрены понятие электронных денег, история их возникновения, преимущества и недостатки их использования. Также упомянуты наиболее популярные платежные системы мира и особенности развития электронных денег в Республике Беларусь.*

***Annotation:** the article discusses the definition of electronic money, its history of origin, pros and cons of using it. Moreover, the article mentions the most popular payment systems in the world and the features of the development of e-money in the Republic of Belarus.*

***Ключевые слова:** цифровая трансформация, цифровая валюта, электронные деньги, электронный кошелек, системы электронных денег.*

***Key words:** digital transformation, digital currency, electronic money, electronic wallet, electronic money systems.*

Введение

С течением времени новые технологические решения охватывают все больше сфер общественной жизни. Сущность так называемой цифровой трансформации заключается в том, что на смену человеческому труду приходит машинный, материальное превращается в виртуальное. Теперь ради выполнения своих привычных задач и планов не всегда приходится покидать свой дом: практически все можно решить при наличии телефона, компьютера и любого другого устройства, имеющего доступ к сети Интернет. Процесс диджитализации не обошел стороной и платежную систему и проявился в возникновении электронных денег.

История их появления начиналась с необходимости эффективнее распоряжаться своими финансами, что привело к созданию пластиковых карт с микропроцессорами. В 1989 году Дэвидом Чаумом была основана компания DigiCash, занимающаяся электронными транзакциями и создавшая первую цифровую валюту и уже в 1994 году центробанками Евросоюза на официальном уровне было признано существование электронных денег [1].

Основная часть

Электронные деньги представляют собой хранящиеся в электронном виде единицы стоимости, выпущенные в обращение в обмен на наличные или безналичные деньги. Они используются в качестве средства платежа для расчетов как с организацией, выпустившей эти единицы стоимости, так и с

другими организациями или даже гражданами [2]. Необходимо обратить внимание на то, что электронные и безналичные деньги не синонимы. Безналичные деньги – это форма национальной валюты, система расчетов между банковскими счетами. Электронные деньги в свою очередь являются лишь эквивалентом национальной валюты, могут сохранять анонимность плательщика и не контролироваться государством. Таким образом электронные деньги можно менять на традиционные и наоборот [1].

Понятие электронных денег тесно связано с термином электронный кошелек. Это не просто так. Дело в том, что электронный кошелек – это хранилище национальной и иностранной валюты, доступ к которой возможен с любого устройства, имеющего доступ к сети Интернет. С помощью такого кошелька можно совершать денежные переводы, оплачивать товары и услуги, но при этом не прибегать ни к наличному, ни безналичному счетам. Легализация электронных кошельков в Беларуси произошла в начале 2013 года. Целесообразно упомянуть о причинах преимущества электронных кошельков над традиционными деньгами. К таковым относятся быстрые транзакции, безопасность и конфиденциальность, функциональность и отсутствие ошибок при пересчете средств. Но у любой медали есть и обратная сторона. Несмотря на все плюсы такого, казалось бы, идеального технологического решения, еще есть над чем поработать. Из самого насущного: в самый неподходящий момент можно столкнуться с тем, что виртуальная валюта не принимается в качестве оплаты или отсутствует подключение к сети, из-за чего электронным кошельком и вовсе не получится воспользоваться. Также за переводы с одного кошелька на другой взимается комиссия, существуют ограничения на величину переводов, обналичивания и др. [3].

Что касается нашей республики, то в Беларуси право на эмиссию электронных денег предоставлено только банкам и небанковским кредитно-финансовым организациям. Порядок совершения операций с электронными деньгами определяется Национальным банком страны. В настоящий момент в республике действует несколько систем электронных денег, среди которых две самые крупные – Easy Pay и Webmoney Transfer.

Easy Pay – детище ОАО «Белгазпромбанк» и ООО «Открытый Контакт». Система используется как для оплаты коммунальных услуг, товаров в интернет-магазинах, так и для обмена валют. Данной системой предпочитают пользоваться с целью покупки техники, оплаты услуг мобильной связи, пополнения онлайн-счетов в играх. Основной плюс Easy Pay – это довольно низкая комиссия при переводах денег на пластиковые карточки, счета, пополнении баланса и обмене валют. Составляет она 1,5% [4].

Webmoney Transfer, результат работы ОАО «Технобанк», отличается мощной биржей валют, множеством степеней защиты, достойной службой техподдержки, а также возможностью управления аккаунтом с мобильного телефона. Однако, и здесь не без недостатков. К таковым относятся большой размер комиссии (3-5%), строгое слежение за выплачиванием налогов при создании «аттестата» - карточек постоянных клиентов. Предпочтение

пользоваться данной системой проявляют в основном программисты, веб-дизайнеры, верстальщики, блогеры и др [4].

Заключение

Подытожив, стоит отметить, что электронные деньги – отличная новация современного мира, без которой уже мало кто пожелает жить. Однако, над ней еще предстоит потрудиться, чтобы ликвидировать существующие слабые стороны и избежать неприятных ситуаций.

Литература

1. Электронные деньги [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/532062/> – Дата доступа: 13.11.2022.
2. Электронные деньги [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fingramota.by/ru/guide/cashless-payments/electronic-money> – Дата доступа: 13.11.2022.
3. Электронный кошелек в Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://benefit.by/info/elektronnyj-koshelek/> – Дата доступа: 14.11.2022.
4. Электронные деньги в Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://benefit.by/page/show/articles/1002> - Дата доступа: 15.11.2022.

УДК 336.74

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРОННЫХ
КОШЕЛЬКОВ WEBMONEY И QIWI В БЕЛАРУСИ
COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF WEBMONEY AND QIWI
ELECTRONIC WALLETS IN BELARUS

К.Д. Шешко

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

K. Sheshko

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в данной статье рассмотрены понятие электронного кошелька, операции, которые выполняются с его помощью, преимущества и недостатки его использования. Более подробно рассмотрены такие сервисы, как WebMoney и QIWI. Особое внимание уделено сравнению их особенностей.

Annotation: the article discusses the definition of electronic wallet, operations that are performed with its help, pros and cons of using it. The features of services such as WebMoney and QIWI are examined in detail and compared with each other.

Ключевые слова: цифровая трансформация, электронный кошелек, виртуальная валюта, система электронных платежей, QIWI, WebMoney.

Key words: digital transformation, electronic wallet, virtual currency, electronic money system, QIWI, WebMoney.

Введение

С течением времени новые технологии все больше захватывают нашу жизнь. Практически каждый день, листая ленту соцсетей или слушая радио по пути на работу, можно узнать о новом приложении, устройстве или программе. Что бы то ни было, оно так или иначе оказывает влияние на деятельность человека. Процесс так называемой цифровой трансформации заключается в том, что на смену человеческому труду приходит машинный, материальное превращается в виртуальное. Теперь для выполнения своих привычных задач не всегда приходится выходить из дома: практически все можно решить при наличии телефона, компьютера и любого другого устройства, имеющего доступ к сети Интернет. Описанное явление не обошло стороной и систему платежей.

Не секрет, что цифровизация, несмотря на преобладание положительных моментов, может угрожать конфиденциальности личности. Здесь речь идет о мошенничестве. Думаю, каждый хоть раз слышал о краже денежных средств в сети или и вовсе сталкивался с этим лично. Такое может произойти, например, при предоставлении своих реквизитов на поддельном сайте. Но как же тогда избежать неприятных ситуаций? Остановимся на том, что представляют собой электронные кошельки и они могут помочь в подобных случаях.

Основная часть

Электронный кошелек – это цифровое хранилище национальной и иностранной валюты, электронное средство платежа. Он позволяет отправлять

и получать денежные переводы, расплачиваться за товары и услуги, при этом не используя ни наличные, ни банковский счет. Переводы между кошельками происходят мгновенно, многие системы позволяют проводить операции в разных валютах. Среди операций, которые выполняет электронный кошелек: хранение электронной наличности, выполнение различных платежей, пополнение и снятие денег, сохранение истории денежных операций и др. Что склоняет к выбору электронного кошелька как средства платежа, так это его преимущества. К ним относятся быстрота транзакций, безопасность, функциональность и отсутствие ошибок при пересчете средств. Но и здесь не без минусов. Из насущного сейчас то, что виртуальная валюта принимается не везде, использование электронных кошельков возможно лишь с доступом к Интернету, а за переводы с кошелька на кошелек предусмотрена комиссия. Чтобы лучше понять механизм действия исследуемого объекта, остановимся на конкретных примерах [1].

Существует множество сервисов электронных платежей, в том числе и на территории Беларуси. Но бесспорным гигантом этого рынка является система WebMoney. Это международная система электронных платежей родом из России. Ежедневно в ней регистрируются почти 10 000 новых пользователей, а в совокупности их уже более 40 миллионов человек. Стартовала работа сервиса 20 ноября 1998 года. Необходимым условием использования электронного кошелька WebMoney является получение аттестата – паспорта участника системы. Чем выше ранг аттестата, тем меньше ограничений в функционале [2].

К недостаткам сервиса были отнесены следующие. За перевод средств надо платить комиссию: минимум — 0,01 WM или 0,8% от суммы платежа, максимум — 1 000 000 WMB за 1 платеж. Без комиссии транзакции проходят только между однотипными кошельками одних и тех же WM-идентификаторов. В Беларуси за вывод электронных денег требуется платить 4%. Банковский перевод на счет ОАО «Технобанк» дешевле — 2%, в других банках – 3%. Дневной лимит сделок для обладателей начального или персонального аттестата — 3 750 000 WMB (при подтверждении SMS или E_NUM — 75 000 000). Чтобы обменивать деньги, приходится пользоваться специальными сервисами. Пользователи системы WebMoney Transfer, не указавшие или не проверившие свой номер мобильного телефона, имеют ограничение на расход средств.

Говоря о безопасности, обеспечиваемой данной системой, стоит отметить, что WebMoney предполагает несколько типов аутентификации: файлами с секретными ключами; посредством персональных цифровых сертификатов; ввод логина и пароля. Определение номера WM-кошельков по WM-идентификатору нельзя [2].

Электронный кошелек WebMoney позволяет создавать несколько кошельков в разных валютах, в том числе в криптовалюте, привязке к драгоценным металлам. Существует много способов пополнения кошелька: с карт Visa и Mastercard при наличии аттестата, с помощью карты WebMoney, через систему ЕРИП, инфокиоск, банкомат, с помощью перевода из любого отделения банка. Выводить средства можно с помощью перевода на банковский счет или зачисления средств на карту. В дополнение ко всему Webmoney дает

возможность привязать другие платежные системы такие, как QIWI, EasyPay или Яндекс.Деньги.

География участников системы широка, однако наибольшую популярность WebMoney имеет в странах бывшего Советского Союза. По числу имеющих формальные аттестаты (или высшего уровня) на первом месте Россия (61,2% пользователей). В тройке лидеров также Украина (21,3%) и Беларусь (6,5%). Затем идут Казахстан, Молдова, Узбекистан, Армения, Латвия, Кыргызстан и Германия [2].

В противовес WebMoney рассмотрим платежную систему QIWI, которая принадлежит российскому «КИВИ Банк». Появился сервис в 2008 году, а на конец 2021-го сеть насчитывала уже более 27 миллионов активных клиентов. Агентом сервиса в Беларуси является ЗАО «Банк Решение». С 2012 года QIWI и Visa являются стратегическими партнерами. С тех пор, кроме виртуальной карты, можно заказать дебетовую карту с увеличенным сроком действия за небольшую плату в размере около 5\$. Ей можно пользоваться в офлайне и при отсутствии интернета [3].

Для системы QIWI характерна распространенность терминалов, через которые можно пополнять баланс и совершать платежи. Также сервис славится простотой ввода и вывода средств: через отделения банка, терминалы, путем переводов с Visa и Mastercard, с помощью WebMoney, через специальное мобильное приложение. Широкий функционал еще одна особенность QIWI, т.к. осуществляет переводы, оплату услуг более чем 500 провайдеров. QIWI является самой выгодной системой для вывода наличных денег и переводов внутри системы: в отличие от WebMoney комиссия при снятии средств составляет 2%, при переводах и вовсе 0%. Система дает возможность подключить электронный кошелек к Apple Pay.

С помощью рассматриваемого платёжного сервиса можно совершать различные платежи в адрес: операторов мобильной связи; интернет-провайдеров, MLM-компаний; компаний, предоставляющих услуги ЖКХ и фиксированной связи; онлайн-игр; интернет-магазинов и др. [4].

Среди минусов то, что в QIWI Кошельке по закону установлены ограничения на пополнение наличными, платежи, переводы и допустимый остаток на балансе. Однако, это можно исправить при получении статуса «Основной» или «Профессиональный». Вы сможете пополнять кошелек наличными, покупать на зарубежных сайтах, снимать наличные, переводить деньги на другие кошельки, банковские карты или через системы денежных переводов.

Для повышения уровня безопасности QIWI предлагает SMS-подтверждение платежей, привязать аккаунт в системе к электронной почте, отключить возможность использования приложений, если вы не пользуетесь платежными приложениями для социальных сетей или сотовых телефонов. В случае если вы все же такими приложениями, рекомендуется использовать защитный код для входа в кошелек. Если QIWI Кошелек на терминалах не используется, следует отключить доступ в терминалы по PIN-коду [5].

Территориально платежный сервис QIWI в настоящее время охватывает 8 стран, среди которых Россия, Казахстан, Молдова, Румыния, Беларусь, США, Бразилия, Иордания.

Заключение

Таким образом, два рассмотренных электронных кошелька имеют как схожие черты, так и весомые отличия. Оба дают возможность ликвидировать существующие ограничения на пополнение наличными, платежи, переводы и допустимый остаток на балансе путем приобретения более высокого статуса (QIWI) или достижения высшего ранга аттестата (WebMoney). За перевод и снятие средств обязательно взимается комиссия, но QIWI в этом случае более выгодный, т.к. комиссия составляет максимум 2%. QIWI Кошелек однозначно уступает своему предшественнику по числу пользователей и охватываемой территории. Преимущество обеих систем в том, что они предлагают множество способов обеспечения безопасности их пользователей, что безусловно вызывает доверие.

Литература

1. Электронный кошелек: что это такое и для чего он может пригодиться [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fincult.info/article/elektronnoe-sredstvo-platezha/> – Дата доступа: 30.11.2022.
2. WebMoney (Вебмани) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://myfin.by/wiki/term/webmoney> – Дата доступа: 03.12.2022.
3. Какой электронный кошелек выбрать? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mtblog.mtbank.by/mc-kakoj-elektronnyj-koshelek-vybrat-sravnili-yandeks-dengi-webmoney-qiwi-paypal-easypay/> – Дата доступа: 03.12.2022.
4. Qiwi [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Qiwi#Платежный_сервис – Дата доступа: 03.12.2022.
5. Меры предосторожности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://qiwi.com/support/security/subject27/kak-zashitit-sebya> – Дата доступа: 03.12.2003.

УДК 316.7

**СПОСОБ ЗАРАБОТКА В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ INSTAGRAM
WAY OF EARNING IN SOCIAL NETWORK INSTAGRAM**

А.В. Куделко, А.С. Митяшова

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Kudelko, A. Mityashov

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в статье рассматривается социальная сеть «Instagram» как рекламная площадка. Раскрывается причина популярности социальной сети, как базы для размещения рекламы.*

***Annotation:** the article considers the social network "Instagram" as an advertising platform. The reason for the popularity of the social network as a basis for advertising is revealed.*

***Ключевые слова:** пользователи, молодежь, социальные сети, реклама.*

***Key words:** users, youth, social networks, advertising.*

Введение

В современном обществе социальные сети занимают одно из значимых мест в жизни человека, что подтверждается числом участников, а также их активностью.

В связи с этим, социальные сети сделали одной из наиболее масштабных площадок для рекламной деятельности. То есть, реклама, являясь важным условием для формирования собственного бизнеса, объединений, маркет-плейсов и т.д., обязана регулярно приспосабливаться под перемены общества и особенности сегодняшнего поколения, дабы обладать высокой эффективностью.

В качестве примера была выбрана социальная сеть «Instagram», поскольку именно она считается одной из наиболее известных площадок, где пользователи имеют все шансы для распространения собственных товаров и услуг.

Невзирая на множественные положительные условия для реализации рекламы в социальных сетях, она все же остается малоэффективна, так как не соответствует определенным важным условиям, характерными отличительными чертами она обладает.

Основная часть

Не секрет, что практически на любой площадке в интернете можно зарабатывать. Ваш доход напрямую зависит от того, что вы можете предложить. Рассмотрим, например, такую социальную сеть как «Instagram».

Течения, которые помогают заработку:

- Монетизация;
- Помощь иным аккаунтам;
- Предоставление услуг;
- Заработок через специализированные сервисы.

В соответствии со статистикой часть активной аудитории составляют люди от 25 до 34 лет (рисунок 1). Основные интересы всех пользователей разнятся. Поэтому, чтобы начать зарабатывать, нужно найти свою целевую аудиторию.

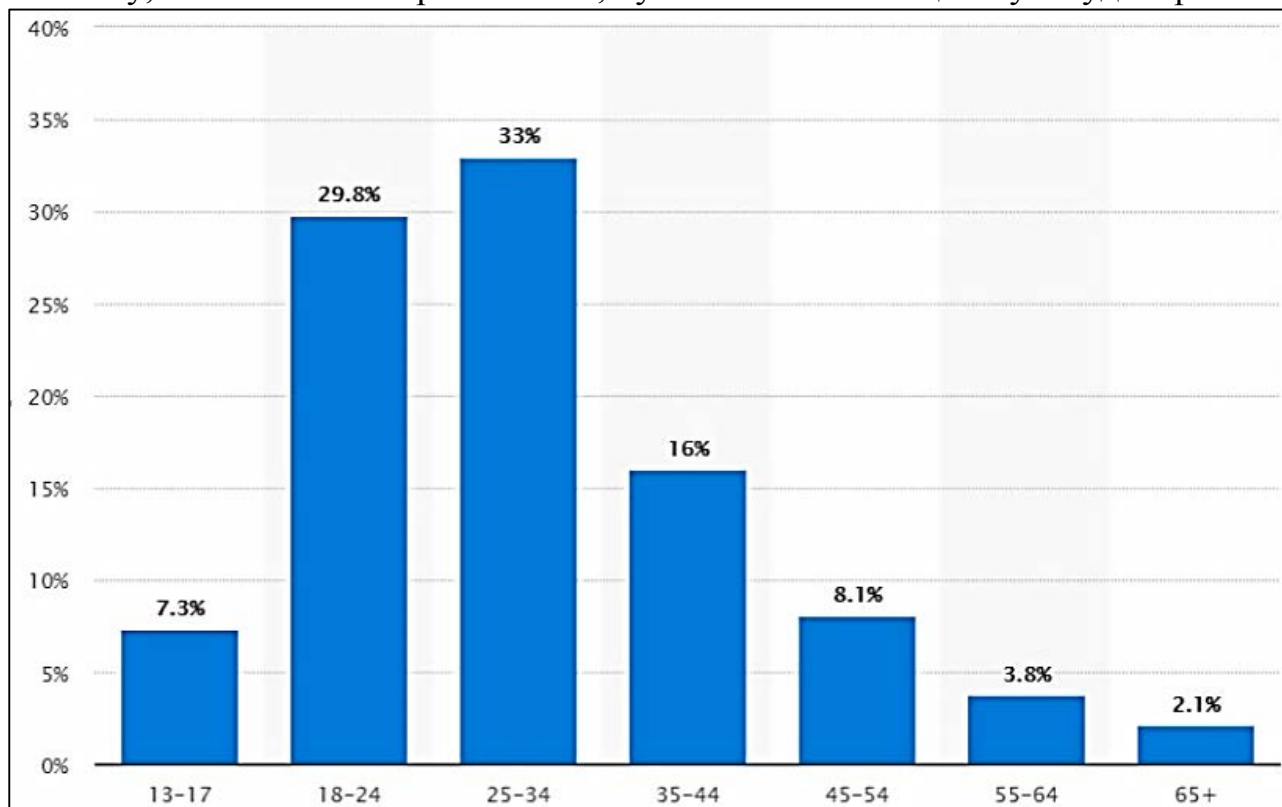


Рисунок 1 – Статистика по возрастным группам на январь 2021 года

Для заработка в Instagram количество подписчиков не так уж и важно. Блогер может начать зарабатывать имея всего 5.000 – 10.000 подписчиков. От количества зависит лишь цена на рекламу.

Некоторые блогеры, пользуясь своей медийностью, работают по бартеру – бренд предоставляет товар взамен на рекламу.

Для того чтобы начать зарабатывать в Instagram, вам необходимо изучить теорию и сущность принципа. Стоит планировать: тематику аккаунта, ЦА, контент-план и т.д.

Есть ряд способов заработка:

- Реклама в постах и сторис – вы лично заключаете контракты или напрямую рекламируете товар на своей странице;
- Настройка таргетированной рекламы – вы оказываете помощь в получении трафика блогерам и фирмам;
- Сотрудничество с брендами – можете быть участником фирмы и выступать как её представитель (лицо);
- Продажа товаров и услуг – продажа любых товаров и услуг в случае, если вы планируете заниматься коммерческой деятельностью на своей странице;
- Партнерские программы – вы можете быть партнером компании;
- Заработок на лайках, комментариях и подписках – пассивный доход за активность на вашем профиле;

- Монтаж видеороликов – вы можете монтировать видео для своего профиля, а также стать востребованным специалистом для других;
- Консультации – подходит тем, кто разбирается в конкретной сфере и может стать наставником для других пользователей;
- Инфопродукты – ваши навыки создания медиа-контента, который можно продать, если вы в нем уверены и хотите распространить;
- Администратор – надежный человек, который ориентирует пользователей и помогает развиваться;
- Копирайтинг – вы являетесь человеком, который соблюдает все нормы и действует строго ТЗ, которое заявляет клиент;
- Оформление профилей другим пользователям – вы являетесь креативным директором по созданию и оформлению страниц;
- Создание шаблонов – очень востребованная креативная часть;
- Продажа фотографий – вы продаете продукт, который получаете от блогеров;
- Продюсирование – вы являетесь опорой в ведении бизнеса;
- Создание AR-масок – отличный способ заработка, поскольку сейчас маски пользуются высоким спросом;
- Донаты – денежные вложения, которые могут быть внесены в любую сферу;
- Продажа аккаунтов – создание и раскрутка аккаунта, который в будущем можно будет продать.

Заключение

Мы рассмотрели большую часть способов заработка в Instagram. Критериев по заработку в Instagram более чем достаточно. Но это лишь «сухая» теория, которую знают все. Для стабильного и хорошего заработка не стоит ограничиваться правилами. Ведь изначально эта социальная сеть была предназначена только для выкладывания фото. И именно пользователи, благодаря своей фантазии и креативу смогли превратить Instagram в огромную площадку для бизнеса. Новые идеи всегда будут приходить на смену старым, а вслед за этим и новые потребители.

Литература

1. Как заработать в Instagram? [Электронный ресурс]/ Как заработать в Instagram? - Режим доступа: <https://bizhint.net/zarabotok-v-internete/sos-seti-smm/zarabotok-v-sotsialnyh-setyah/zarabotok-v-instagram>
2. Реклама в социальной сети «Instagram» [Электронный ресурс]/ Реклама в социальной сети «Instagram». - Режим доступа: <http://elibrary.ru>
3. Способы заработка в Инстаграме [Электронный ресурс]/ Способы заработка в Инстаграме. – Режим доступа: <https://smmplanner.com/blog/7-sposobov-zarabatyvat-dienghi-v-instagramie/>
4. Заработок в Инстаграме [Электронный ресурс]/ Заработок в Инстаграме. – Режим доступа: <https://sendpulse.com/ru/blog/how-to-make-money-on-instagram>

5. Продажа рекламы [Электронный ресурс]/ Продажа рекламы. – Режим доступа: <https://onlypult.com/ru/blog/kak-zarabotat-na-instagram-16-sposobov>
6. Создание AR-масок [Электронный ресурс]/ Создание AR-масок. – Режим доступа: <https://postium.ru/kak-zarabotat-v-instagrame/>
7. Все способы заработка в Инстаграм [Электронный ресурс]/ Все способы заработка в Инстаграм. – Режим доступа: <https://socialkit.ru/kak-zarabotat-v-instagrame>

УДК 621.311

**БИЗНЕС-МОДЕЛИРОВАНИЕ. ПРОГРАММЫ ОПТИМИЗАЦИИ
BUSINESS MODELING. SOFTWARE FOR BUSINESS OPTIMIZATION**

И.Д. Дементьев, С.А. Опёнков

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Dementsyev, S. Opionkov

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: анализ программных продуктов для оптимизации бизнеса, их представителей. Разбор понятия «бизнес-моделирования» и его этапов. Прогноз будущего программ бизнес-моделирования.

Annotation: analysis of software products for business optimization, their representatives. Analysis of the concept of "Business modeling" and its stages. Forecasting the future of business modeling programs.

Ключевые слова: бизнес, бизнес-моделирование, программы оптимизации бизнеса, Bitrix24, IT.

Keywords: business, business modeling, business optimization programs, Bitrix24, IT.

Введение

Бизнес является неотъемлемой частью нашей жизни, вне зависимости от того, кто мы: владелец бизнеса, работник бизнеса или простой покупатель, мы так или иначе взаимодействуем с ним. Бизнесом может быть кампания, которая выпускает какую-либо продукцию, и наша задача, как владельца бизнеса, максимизировать прибыль, это также цель бизнес-моделирования. Это можно сделать различными способами: от сокращения рабочих на предприятии, до поиска инвесторов для перспективных проектов – всё это может помочь получить ещё больше прибыли. Ниже рассмотрим максимизацию прибыли на примере использования программных продуктов, которые могут оптимизировать некоторые бизнес-процессы.

Основная часть

Говоря про оптимизацию, стоит сказать, что выявление, анализ, разработка модели и её применение – является частями такого процесса как «Бизнес-моделирование». Проще говоря, происходит выявление какого-либо процесса, анализ его и попытка упростить его с помощью чего-то, так скажем, подвести под некоторую «модель» действия. Например, в древности писали рукописные книги, затем появилось книгопечатанье и книги стали делать проще. Это можно считать примером «Бизнес-моделирования», где в качестве «программы упрощения» стали являться станки для печати книг. Или другой пример: раньше в качестве бумаги использовали дорогой шёлк, а потом придумали целлюлозу из дерева что существенно удешевило производство бумаги.

Говоря про программные продукты, можно сразу вспомнить Google, этот IT-гигант 21 века предоставляет небывалый простор для ведения бизнеса: таргетированная реклама, анализ просмотр-покупка и так далее. Это

предоставляют и другие кампании, как с помощью программ, так и с помощью обычной функции на сайте. Подобные программы могут помочь максимизировать прибыль, например, таргетированная реклама увеличит эффективность рекламы, то есть она не будет показываться тем людям, которые в ней вообще могут быть не заинтересованы, например, 18-летнему студенту неэффективно рекламировать продажу домов. А говоря про анализ просмотра – это отличная функция чтобы понять, правильна ли выбрана целевая аудитория. Также есть программы, которые помогают осуществлять управление более эффективно типа Bitrix24. Подобные программы могут осуществлять как сбор многочисленных данных о покупателях, так и помогать осуществлять коммуникацию в кампании с помощью возможностей программы. Например, Bitrix24 делает обе эти функции. Функция коммуникации это – общие чаты с документами, задачами и проектами в одном приложении. Функция сбора информации о потребителях – занос информации о пользователях в общую базу данных, где удобно звонить потребителям по поводу скидок, напоминать позвонить, поздравлять с их днём рождения, опрашивать клиентов про качество обслуживания и тому подобное. Также можно сделать автоматическими некоторые процессы, как: оплата счетов, выплаты работникам и тому подобное.

Заключение

Проанализировав программы для оптимизации бизнес процессов, бизнес-моделирования, было выведено, что они очень существенно упрощают ведение бизнеса и их стоит использовать при открытии своего бизнеса, но остаётся, как управляющему кампании, только принимать верные бизнес-решения, такие как: заключать договор с кампанией X или лучше вести дела с кампанией Y, или переезжать в новый офис в новом городе (стране) или нет и тому подобное. Эти вопросы, во всяком случае на данный момент, нельзя доверить программе. Проведя анализ, со временем прогресс дойдёт до того уровня развития, где сами программы смогут проанализировать бизнес так, чтобы указать на лучшую модель поведения кампании, со всеми необходимыми действиями, где от владельца кампании потребуется только выбрать эту стратегию. Подобное, в качестве примера, можно видеть на биржах где есть опционы. Есть такие программы, которые проанализировав предыдущие колебания рынка, указывают на необходимость покупки или продажи валюты и тому подобного. Но в случае биржи, у программы есть почти полная информация о её состоянии, в отличии от реального бизнеса, где даже сам владелец иногда не знает о некоторых вещах. Обобщая, будущее за подобными программами, которые смогут проанализировать всё и выдать наилучшее решение для бизнеса.

Литература

1. Бизнес-моделирование Business Process Modeling BPM [Электронный ресурс]/ Бизнес-моделирование - Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Бизнес-моделирование_\(Business_Process_Modeling,_BPM\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Бизнес-моделирование_(Business_Process_Modeling,_BPM))/ – Дата доступа: 01.12.2022.

2. Развивайте свою компанию с Google Рекламой [Электронный ресурс] / Google -Режим доступа: <https://ads.google.com/> – Дата доступа: 01.12.2022.

3. Битрикс24 помогает бизнесу работать [Электронный ресурс] / Битрикс -Режим доступа: <https://www.bitrix24.by/> – Дата доступа: 01.12.2022.