

ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Материалы ежегодной
III Всероссийской научно-практической конференции
обучающихся и преподавателей

Часть II

(Санкт-Петербург, 3 июня 2020 г.)



Санкт-Петербург
2020

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

**Материалы ежегодной
III Всероссийской научно-практической конференции
обучающихся и преподавателей
Часть II**

(Санкт-Петербург, 3 июня 2020 г.)

**Санкт-Петербург
2020**

УДК 620.9

ББК 31

Э 651

ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ:
материалы ежегодной III Всероссийской научно - практической конференции обучающихся и преподавателей/ сост. М.С. Липатов, Г.А. Морозов; под общ. ред. Т.Ю. Коротковой – ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2020. - В 3 ч. Ч. 2. – 120 с. – ISBN 978-5-91646-220-3

В настоящем сборнике представлены материалы ежегодной III Всероссийской научно - практической конференции «Энергетика и автоматизация в современном обществе», состоявшейся 3 июня 2020 года в г. Санкт-Петербурге.

Сборник предназначен для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями и разработками, преподавателей, докторов, аспирантов, магистрантов и студентов учебных заведений, а также всех, проявляющих интерес к рассматриваемой проблематике с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Материалы представлены в авторской редакции. Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов. Организаторы конференции не несут ответственность перед авторами и/или третьими лицами за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.

Материалы конференции размещены в научной электронной библиотеке elibrary.ru и зарегистрированы в наукометрической базе РИНЦ (Российский индекс научного цитирования).

ISBN 978-5-91646-220-3

© Высшая школа технологии и
энергетики СПбГУПТД, 2020

© Коллектив авторов, 2020

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ПАЙКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

канд. техн. наук, доцент **Дятлова Елена Павловна**,
магистрант гр.519 **Телков Александр Анатольевич**
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: В данной статье приведен анализ наиболее актуальных направлений технического совершенствования процесса автоматизированной пайки печатных плат. Приведенные примеры решений по модернизации иллюстрируют наиболее перспективные тенденции в развитии систем автоматизированной пайки. В ходе исследования доказывается, что инновации в данной сфере производства затрагивают как установки пайки волной припоя, так и установки селективной пайки, хотя долгое время считалось, что первые будут почти полностью вытеснены вторыми.

Ключевые слова: автоматизированная пайка, печатные платы, автоматическая система

INNOVATIVE SOLUTIONS TO AUTOMATIC PCB SOLDERING SYSTEMS

Diatlova Elena Pavlovna,
Telkov Alexander Anatolyevich

Abstract: This article provides analysis of the most relevant areas of the technical improvement of the PCBs automated soldering process. The examples of modernization decisions illustrate the most perspective tendencies of automatic soldering systems development. According to a study, one proves that innovations in this production field affect both wave soldering and selective soldering stations, despite the fact that it was long believed that the first ones would be almost entirely replaced by the second ones.

Key words: automatic soldering, printed circuit board, automatic system

Переход от ручного метода пайки к созданию автоматизированных паяльных систем сыграл огромную роль в становлении современного производства техники, позволив существенно сократить как время процесса, увеличив производительность, так и улучшить его качество, что напрямую повлияло на долговечность паяльных плат.

В последнее время часто высказывалось мнение о том, что ввиду более высокой технологической эффективности селективной пайки использование

волнового метода на предприятиях исчезнет. Однако, как показывает практика, использование пайки волной припоя по-прежнему находит широкое применение на производстве за счет:

- 1) низких затрат на пайку и большей механической прочности изделий;
- 2) непрерывного наплыва различного рода технологий модернизации, в высокой степени влияющих на производительность и качество выпускаемых данным методом продукции.

Одним из наиболее приоритетных направлений модернизации установок пайки волной припоя на данный момент считается переход на более совершенные системы подачи флюса. Исследование немецкой компании Streckfuss показало, что переход с пенного флюсователя на спрей-флюсователь с использованием безотмывочного флюса способствовал увеличению значений сопротивления изоляции поверхности, более экономному расходу флюса и спирта, сокращению операций по перемещению и хранению спирта, а также к значительному снижению выбросов летучих органических соединений. Данная модернизация, однако, сужала «технологическое окно», что приводило к осложнениям для поддержания требуемого количества дефектов на миллион возможностей на приемлемом уровне.

Решением этой проблемы могла стать усовершенствованная система подачи азота путем формирования завесы (blanket-type).

Данный метод уже вошел в производственный процесс многих компаний, но система компании Streckfuss подразумевала модернизацию самого способа подачи азота. Новая система состоит из трех пористых распылителей в титановой раме (ресиверов). Ресиверы направляют поток азота над поверхностью волны припоя и своей конструкцией предотвращают подачу воздуха со стороны тигля (рис.1).

Физическая суть модернизации состояла в небольшом повышении давления азота и его направленной диффузии через отверстия в ресивере, что, кроме улучшения качества самой пайки, обеспечило и возможность размещать данную конструкцию в систему волновой пайки любого типа.

На рис.1 представлен принцип работы такого способа подачи азота.

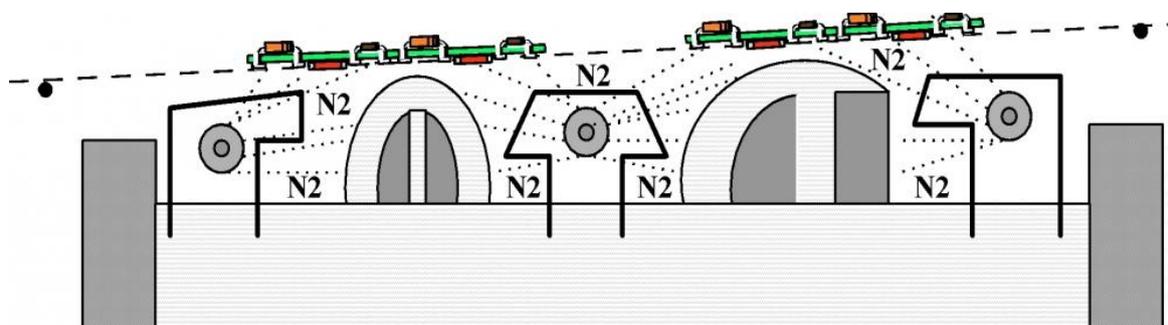


Рисунок 1. Принцип работы инновационной системы подачи азота

Использование данного метода привело к значительному снижению образования шлака на 85% от характерного значения в 2 кг/ч к значению в 0,3 кг/ч. Кроме того, новая система привела к сокращению времени на обслуживание. До введения системы обслуживание проводилось от 2 до 2,5 часов в день. После применения системы это время сократилось до 30 мин.

На сегодня из сопряженных направлений инноваций в системах пайки волной можно назвать технологию, позволяющую проводить конфигурацию зон предварительного нагрева, которая в совокупности с методом конвекционного нагрева позволяет совершать быстрый переход по широкой номенклатуре изделий. Также на месте не стоит и модернизация систем подачи волны, которая позволяет обеспечить меньший расход флюса за счет его более легкого проникновения в отверстия плат.

Подобным образом подвергаются изменению и системы селективной пайки. Так, в системах мелкосерийного производства Ecoselct применяется разработанный компанией ERSA эффект «reel off», который состоит в резком отрыве миниволны от паяемого вывода посредством сил тяжести, смачиваемости и поверхностного натяжения припоя, что дает возможность проводить пайку под недоступным до этого углом в 0°. При этом пайка происходит без наличия тяжей и перемычек, а производство поддерживает минимальный уровень дефектов.

При наличии вспомогательной ванны с волнообразователями, расстояние между которыми регулируется, появилась возможность повлиять на гибкость и производительность системы в лучшую сторону. Данный метод позволяет по желанию производителя проводить как одновременную пайку, если волнообразователи располагаются на одинаковом уровне, так и поочередную пайку, если волнообразователи меняют свое положение.

Результаты исследования показывают, что системы автоматизированной пайки подвергаются модернизации все зависимости от применяемого метода. Широкое использование казалось бы устаревшей пайки волной объясняется более низкими денежными затратами и большей прочностью изделий, что обеспечивает необходимость в развитии данного метода пайки, как наиболее выгодного. Однако селективная пайка, как наиболее точная и гибкая, имеет свои плюсы и потому встречается на производстве не реже пайки волной.

Приведенные в статье инновационные решения в большей степени затрагивают улучшение протекания физических процессов, таких, как смачиваемость поверхностей, что приводит как к экономии денежных ресурсов, так и временных, но данные показатели все еще далеки от идеала, и производители систем автоматизированной пайки продолжают предлагать свои идеи для решения задач модернизации.

© А.А. Телков, Е.П. Дятлова, 2020

О ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ СБРОСНОЙ ТЕПЛОТЫ АЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

студент гр. ЭН-550018 **Костарев Вячеслав Сергеевич**,
студент гр. ЭН-460018 **Литвинов Данил Николаевич**,
науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент **Ташлыков Олег Леонидович**
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ)
г. Екатеринбург, Российская Федерация

Аннотация: В работе рассмотрены пути решения задачи повышения энергоэффективности АЭС за счет снижения тепловых сбросов в окружающую среду. Выполнен анализ потенциала источников сбросной теплоты энергоблоков с реакторами на быстрых нейтронах. Проведена оценка возможности утилизации сбросной низкопотенциальной теплоты энергоблоков АЭС с реакторами БН-600 и БН-800 для собственных нужд путем применения тепловых насосов.

Ключевые слова: энергоэффективность; атомная электростанция; реактор на быстрых нейтронах, сбросная теплота, тепловой насос; коэффициент полезного действия.

ABOUT THE POSSIBILITY OF UTILIZING WASTE HEAT OF A NUCLEAR POWER PLANT USING HEAT PUMPS

Kostarev Vyacheslav Sergeevich,
Litvinov Danil Nikolaevich,
Tashlykov Oleg Leonidovich

Abstract: Presented are the ways of solving the problem of increasing the energy efficiency of nuclear power plants by reducing heat discharges into the environment. The analysis of the potential of waste heat sources of power units with fast neutron reactors is carried out. The possibility of utilizing low-grade waste heat of nuclear power units with BN-600 and BN-800 reactors for their own needs by using heat pumps has been assessed.

Keywords: energy efficiency; nuclear power plant, fast breeder reactor, waste heat, heat pump, coefficient of efficiency

Введение

По данным МАГАТЭ, в настоящее время в мире действует 442 энергоблоков АЭС суммарной мощностью 390,546 ГВт (э), из них в России 38 энергоблоков АЭС суммарной мощностью около 30,5 ГВт (э).

Важным показателем эффективности атомных электростанций является доля полезной теплоты, используемой потребителями, от затрачиваемой (выделяющейся при цепной реакции деления ядерного топлива). Подавляющая часть действующих в мире АЭС используют реакторы на тепловых нейтронах, которые обеспечивают относительно низкие начальные параметры водяного пара для паротурбинных установок, что приводит к небольшим значениям термического КПД (30-35%). Большая часть первичной энергии (около 60%) сбрасывается в окружающую среду, что обуславливает наличие огромного неиспользуемого потенциала сбросной теплоты [1, с. 136].

Термический КПД АЭС с реакторами на быстрых нейтронах примерно на 10% выше за счет высокой температуры натриевого теплоносителя на выходе из активной зоны и, соответственно, высоких параметров перегретого пара, поступающего на турбину (для БН-600 и БН-800 - 42,6% и 39,4%, соответственно) [2, с. 294]. Так, на турбину К-200-130 (БН-600) подается перегретый пар ($P = 13$ МПа, $t = 505$ °С) с энтальпией $h = 3349 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$, а на турбину К-1000-60 (ВВЭР-1000) – насыщенный пар ($P = 6$ МПа, $t_s = 275$ °С) с энтальпией $h = 2783 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$. При одинаковых параметрах в конденсаторе турбины, которые зависят от температуры окружающей среды и системы технического водоснабжения (например, водохранилище, пруд-охладитель, испарительная или сухая градирня), на единицу вырабатываемой мощности насыщенного пара потребуется значительно больше, чем перегретого. Следовательно, в конденсаторе турбины, работающей на насыщенном паре, нужно будет отвести (сбросить) в окружающую среду больше теплоты (на единицу вырабатываемой мощности), чем при использовании перегретого пара.

В структуре электрогенерирующих мощностей России доля тепловых и атомных электростанций составляет более 70 %. ТЭС и АЭС являются значительными источниками теплового загрязнения окружающей среды в локальном и глобальном масштабе из-за тепловых сбросов при конденсации пара по завершении работы в турбине. Снижение тепловых сбросов, повышение эффективности использования энергии первичного топлива являются актуальной задачей.

Методы и технологии

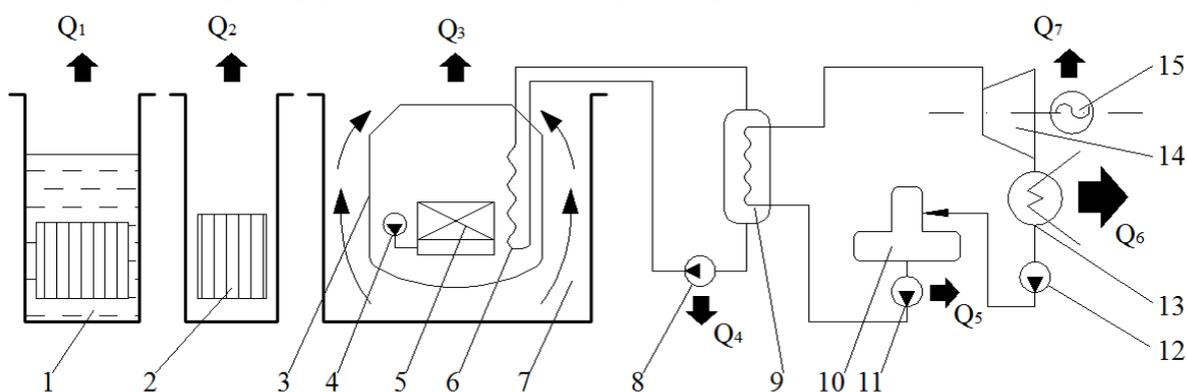
Одним из способов повышения эффективности использования первичного топлива является применение теплового насоса, с помощью которого тепловая энергия переносится от источника низкопотенциальной теплоты (с низкой температурой) к потребителю с более высокой температурой. Как и холодильная машина, тепловой насос потребляет энергию на реализацию термодинамического цикла (привод компрессора). В качестве источника низкопотенциальной тепловой энергии могут выступать теплота, выделяющаяся при технологических процессах и промышленные сбросы.

Концепция тепловых насосов была разработана в 1852 г. британским физиком и инженером Уильямом Томсоном (лордом Кельвином). Практическое применение тепловые насосы получили в первой половине XX века, но реальная потребность в них возникла в 1970-х годах, когда появился интерес к энергосбережению.

Одним из способов эффективной утилизации сбросной теплоты энергоблоков АЭС является использование теплонасосных установок на диоксиде углерода единичной мощностью до 100 МВт (т) и более (технология АЭС-ТНС). В России работы по созданию тепловых насосов проводились с начала 1990-х годов под руководством профессора В.П. Проценко и профессора И.М. Калниня. Технология АЭС-ТНС основана на трансформации сбросной теплоты энергоблоков АЭС (25...35°C) с помощью тепловых насосов на диоксиде углерода в теплоту теплофикационных параметров (80...100°C и более) и её транспортировке по теплопроводам к потребителям на расстояние до 100 км. Перспективными потребителями теплоты АЭС-ТНС являются: городские системы теплоснабжения; промышленные термодистилляционные опреснительные установки; промышленные комплексы закрытого грунта по производству агро-, био- и аквапродукции [3, с. 537].

*Оценка возможности применения тепловых насосов на АЭС
с реакторами на быстрых нейтронах*

На кафедре «Атомные станции и ВИЭ» Уральского федерального университета на протяжении ряда лет ведутся работы по исследованию путей повышения энергоэффективности АЭС с реакторами на быстрых нейтронах.



*Рисунок 1. Основные источники низкопотенциальной теплоты АЭС
с реактором на быстрых нейтронах:*

- 1 – бассейн выдержки; 2 – барабан отработавших топливных сборок;
- 3 – корпус реактора; 4 – главный циркуляционный насос (ГЦН) первого контура;
- 5 – активная зона; 6 – промежуточный теплообменник натрий-натрий;
- 7 – шахта реактора; 8 – ГЦН второго контура; 9 – парогенератор;
- 10 – деаэратор; 11 – питательный насос; 12 – конденсатный насос;
- 13 – основной конденсатор; 14 – турбина; 15 – электрический генератор;
- Q1-Q7 – низкопотенциальная теплота, сбрасываемая системами охлаждения

Выполнен комплекс работ по оценке мощностного и температурного потенциалов источников сбросной теплоты в системах энергоблоков Белоярской АЭС с реакторами БН-600 [4, с. 17], [5, с. 24], БН-800 [6, с. 2], [7, с. 825] и перспективного БН-1200 [8, с. 530]. Такими источниками низкопотенциальной теплоты, охлаждаемыми системами промежуточного контура и технической воды, являются основной конденсатор турбины, вспомогательные системы и оборудование (рис.1) [5, с. 523].

Замеры параметров проводились при работе энергоблока на номинальной мощности, с помощью приборов по месту расположения оборудования, ИВС, термощупа. Также были использованы данные технической документации. Расчеты по определению мощности тепловых сбросов производились по формуле:

$$Q = G \times c_p (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}),$$

где G — расход технической воды, c_p — удельная теплоемкость воды, $t_{\text{вых}}$ и $t_{\text{вх}}$ — температуры на входе и на выходе потребителя охлаждающей воды, соответственно.

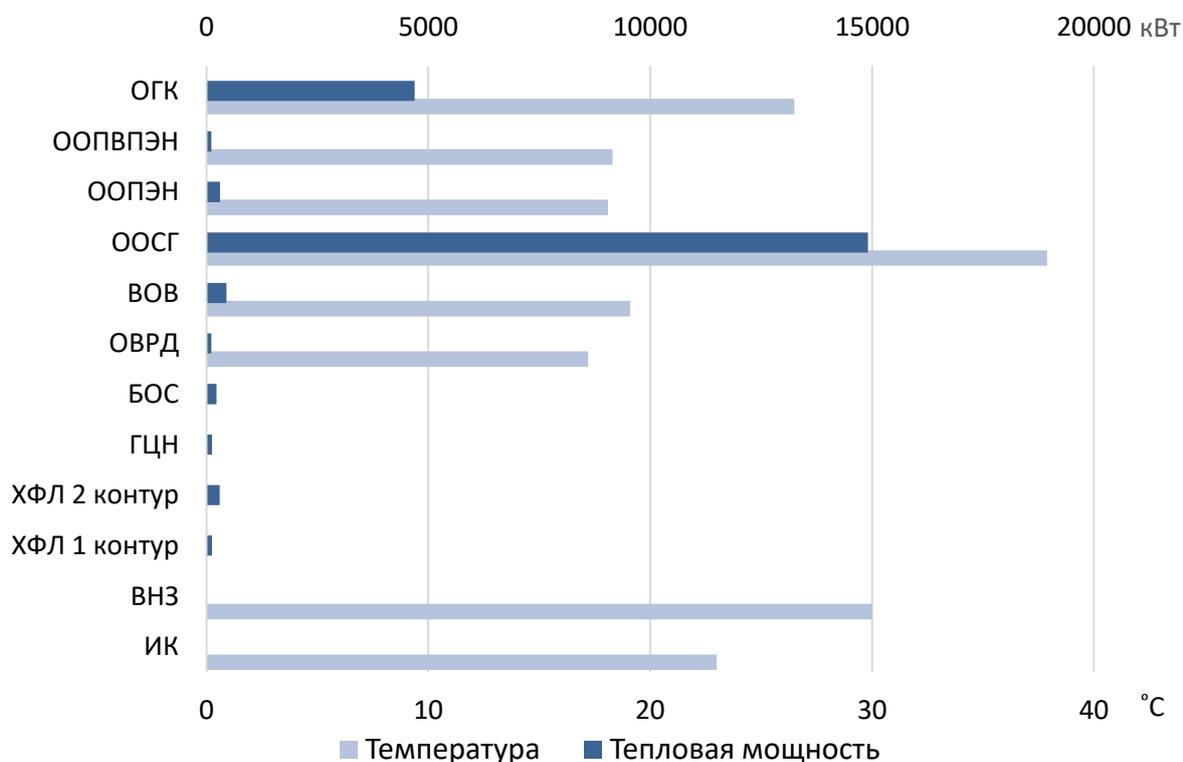


Рисунок 2. Тепловые сбросы (максимальная температура охлаждающей воды и тепловая мощность) систем энергоблока с реактором БН-800:

ОГК – охладитель грязного конденсата; *ОПВПЭН* – охлаждение основных предвключенных насосов ПЭН; *ОПЭН* – охлаждение основных ПЭН; *ООСГ* – охладители обмотки статора генератора, *ВОВ* – воздухоохладители возбuditели; *ОВРД* – охладитель пара расширителя дренажей; *БОС* – барабан отработавших сборок; *ГЦН* – главный циркуляционный насос; *ХФЛ* – холодная фильтр-ловушка; *ВНЗ* – верхняя неподвижная защита; *ИК* – ионизационные камеры

Результаты расчетов приведены на рис. 2. В результате исследований было установлено, что наиболее эффективным возможным источником тепла для утилизации является система охлаждения обмотки статора генератора (тепловая мощность 14905,1 кВт при перепаде температур на входе и на выходе 21,4 °С).

В то же время на АЭС имеется множество потребителей теплоты в машинном зале, лабораторно-бытовом корпусе и других зданиях (приточная вентиляция, воздушные отопительные системы, воздушные занавесы, горячее водоснабжение и т.д.). Потребляемая тепловая мощность отдельных систем может достигать нескольких мегаватт. В настоящее время теплота для этих потребителей берется из отборов рабочего пара турбины, что экономически не всегда выгодно. Теплофикационный поток пара, ушедший для подогрева сетевой воды и, следовательно, не дошедший до конденсатора турбины, «недовыработал» в турбине электроэнергию, но при этом произвел отопительное тепло. Недовыработка электроэнергии, отнесённая к отпущенному потребителям теплу, является сегодня важнейшим показателем целесообразности теплофикационного отпуска тепла от АЭС.

Основным потребителем охлаждающей воды и соответственно, источниками сбросной теплоты, на АЭС являются конденсаторы турбин.

Проведенный обзор публикаций и патентов показал, что существует достаточно много вариантов подключения теплового насоса в схему турбоустановки, включая систему охлаждения основного конденсатора турбины. Во многих предлагаемых схемах монтаж испарителя теплового насоса влечет за собой необходимость изменения конструкции конденсатора, а также паропроводов, идущих от турбины к конденсатору. Повышенные требования к обеспечению безопасности исключают изменения в штатной схеме и оборудовании АЭС. Поэтому для анализа был выбран вариант, предложенный коллективом разработчиков из «Южно-Российского государственного технического университета», в котором теплота забирается на входе или на выходе охлаждающей воды конденсатора турбины. При этом конденсатор теплового насоса подключается к системе регенеративного подогрева и заменяет первый подогреватель низкого давления [4, с. 18].

Расчеты, проведенные по нескольким вариантам включения теплового насоса в систему охлаждения конденсатора и регенеративного подогрева низкого давления турбоустановки К-200-130 (БН-600), позволили оценить экономическую эффективность такой модернизации. Проведенный расчетный анализ показал (рис.3), что применение тепловых насосов в схеме охлаждения основного конденсатора экономически не оправдано. Однако при этом значительно снижаются тепловые сбросы АЭС. Для энергоблока с реактором БН-600 это снижение составило от 5 до 6%, в зависимости от времени года и режима работы теплового насоса. Наивысшие показатели были достигнуты в летний период: в июле абсолютное уменьшение тепловых сбросов составило

64500 кВт и 69500 кВт при подключении теплового насоса перед конденсатором и после конденсатора соответственно.

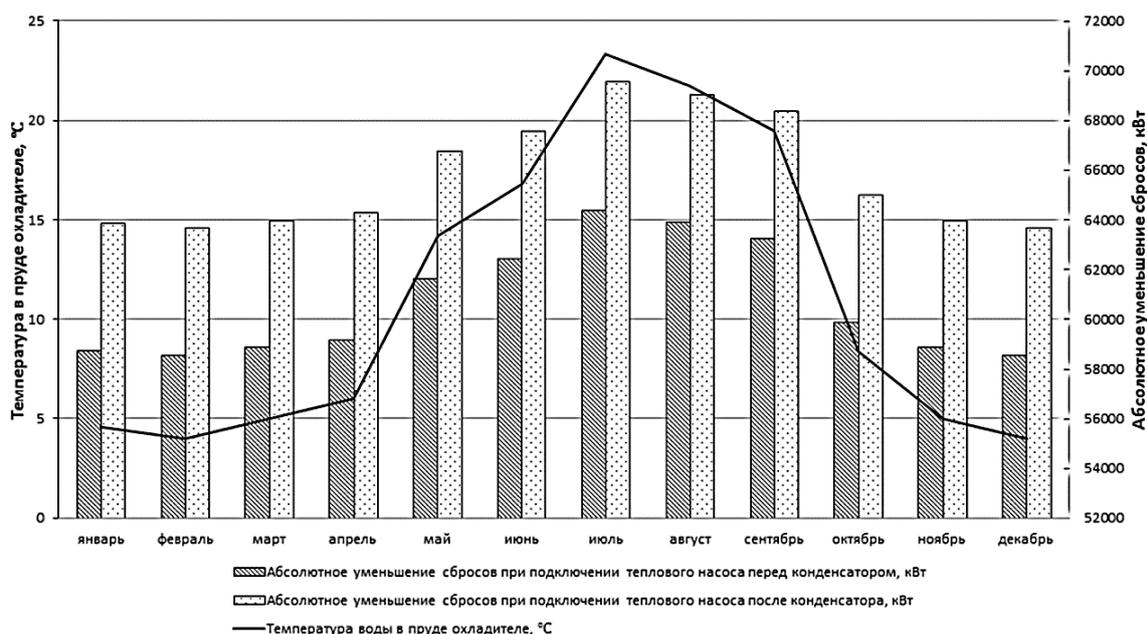


Рисунок 3. Абсолютное уменьшение тепловых сбросов энергоблока с реактором БН-600

Как показал расчетный анализ, несколько источников на энергоблоках БН-600 и БН-800 имеют достаточный энергетический потенциал для экономически оправданной утилизации сбросной теплоты (например, охладители обмотки статора генератора, маслоохладители ПЭН).

Практически дополнительная теплота, полученная при помощи тепловых насосов, может использоваться на отопление производственных и административно-бытовых зданий АЭС, подогрев воды, используемой для системы отопления и горячего водоснабжения.

В одном из просчитанных вариантов утилизации этих тепловых сбросов была рассмотрена установка тепловых насосов в систему приготовления подпиточной воды для тепловых сетей города Заречный. Было рассчитано, что в случае установки трех тепловых насосов по 300 кВт (по одному на каждую петлю), чистая прибыль составит около 3 млн. руб/год при сроке окупаемости 4,7 года.

Заключение

Тепловая мощность, сбрасываемая с охлаждающей водой из основных конденсаторов турбины, составляет подавляющую часть всех тепловых сбросов АЭС. Неравномерность температуры воды в водохранилище в течение года, низкое значение её температуры в осенне-зимний период делают утилизацию этой сбросной теплоты с помощью тепловых насосов экономически невыгодной.

Однако при этом значительно уменьшается тепловое загрязнение окружающей среды. Некоторые источники сбросной теплоты на энергоблоках БН-600 и БН-800 имеет достаточный потенциал для практической утилизации

этой теплоты с использованием тепловых насосов, реализация которого экономически оправдана.

Список использованной литературы

1. Ташлыков О. Л. Основы ядерной энергетики; – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 225 с.
2. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 / А.И. Бельтюков, А.И. Карпенко, С.А. Полуяктов, О.Л. Ташлыков, Г.П. Титов, А.М. Тучков, С.Е. Щеклеин; под общ. ред. С.Е.Щеклеина, О.Л. Ташлыкова. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 548 с.
3. Пустовалов С.Б., Субботин С.А., Легуенко С.К., Савицкий А.И. Повышение эффективности атомной энергетики за счёт утилизации сбросной теплоты энергоблоков АЭС// Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики: доклады XI международной научно-технической конференции – М.: АО «Концерн Росэнергоатом», 2018. - С. 535-538.
4. Ташлыков О.Л., Толмачев Е.М., Семенов М.Ю., Сапожников Б.Г. Снижение тепловых нагрузок АЭС на окружающую среду путем использования тепловых насосов в схеме основного конденсатора паротурбинной установки // Альтернативная энергетика и экология, 2012. №3. - С.16-21.
5. Ташлыков О.Л., Ковин И.В., Кокорин В.В. Утилизация низкопотенциальной теплоты АЭС с реактором на быстрых нейтронах с использованием теплового насоса. // Альтернативная энергетика и экология, 2012. №3. - С. 22-25.
6. Kostarev, V.S., Tashlykov, O.L., Klimova, V.A. The increasing of the energy efficiency of nuclear power plants with fast neutron reactors by utilizing waste heat using heat pumps. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 06/2019, 552(1), 012022.
7. Костарев В.С., Ташлыков О.Л. Климова В.А. Об использовании тепловых насосов в системе паротурбинной установки АЭС с реакторами на быстрых нейтронах для утилизации сбросной теплоты // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика: материалы Международной научно-практической конференции. - Екатеринбург: УрФУ, 2018. - С. 824-827.
8. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. Опыт атомного теплоснабжения города Заречного и перспективы атомной теплофикации Екатеринбурга // Российские регионы в фокусе перемен: сборник докладов XII Международной конференции. Том 2. – Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2018. - С. 525-535.

© В.С. Костарев, Д.Н. Литвинов, О.Л. Ташлыков, 2020

ВЫБОР MES СИСТЕМЫ ДЛЯ ЦБК

студент гр. 529 **Шилин Михаил Вениаминович**,
науч. руководитель: канд. техн. наук, зав. каф. **Сидельников Владимир Иванович**
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: Основной целью данной статьи является описание и выбор MES системы для ЦБК, а также расчет экономической эффективности внедряемой системы.

Ключевые слова: разработка, внедрение, MES, система, АСУ, БД, экономическая эффективность.

SELECTION OF MES SYSTEMS FOR PPM

**Shilin Mikhail Veniaminovich,
Sidelnikov Vladimir Ivanovich**

Abstract: The main purpose of this article is to describe and select the MES system for the pulp and paper mill. Also, the calculation of the economic efficiency of the implemented system.

Keywords: development, implementation, MES, system, ACS, database, economic efficiency.

Система управления производственными процессами – MES (Manufacturing Execution System) была разработана в 70-х годах, чтобы содействовать выработке продукции с помощью концепции интерактивного управления деятельностью в цехе, другое название данной системы – Автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ). АСОДУ устраняет разрыв между системой планирования ресурсов всего предприятия, такой, как ERP (Enterprise Resource Planning) и системами управления полевого уровня такими, как датчики, ПЛК. MES система использует информацию из производства, например, оборудование, ресурсы и заказы для поддержки производственных процессов [1].

На рисунке 1 представлена иерархия систем автоматизации на производстве.



Рисунок 1. Иерархия систем автоматизации на производстве

В прошлом производственные отделы многих компаний предпочитали индивидуальные информационные системы для цехов и локально собирали производственные данные в электронных таблицах или других базах данных, что затрудняло обслуживание программного обеспечения и консолидацию данных. MES система была разработана с целью интеграции многоточечных систем, и, следовательно, поставщики программного обеспечения смогли внедрить различные функции управления производством в виде программного обеспечения MES систем [2].

В настоящее время MES системы используются как единый инструмент сбора, распространения и анализа документов и данных для управляющего персонала, таких как начальник производства, главный механик, технолог и т.д.

Использование данных систем позволяет оперативно устранять аварии и неисправности на производстве, отслеживать выход параметров за допустимые границы, а также отслеживать основные показатели качества продукции на всех этапах производства в реальном времени.

Для руководителей предприятия использование такого рода систем является источником информации о качестве продукции, состоянии производства. Для оперативного и обслуживающего персонала MES система – источник информации об эффективных методах выполнения работы, наряд-заказов на работу и т.д. Но самое главное, данная система является инструментом для взаимодействия со всем производством.

Система управления производственными процессами позволяет создавать инфраструктуру, оперативно реагирующую на изменения в производственных процессах и в качестве продукции. MES система обеспечивает оперативность, которая необходима для успешного бизнеса в условиях высокой конкуренции.

Основным назначением АСОДУ на ЦБК является оперативное представление данных комбината диспетчерской службе, руководству производства в целом.

В настоящее время большое количество компаний занимается разработкой и внедрением MES систем. Но для целлюлозно-бумажного производства можно выделить 2 основных поставщика MES систем в РФ. Это компании «НПФ Ракурс» и «ИндаСофт». Рассмотрим подробнее каждую систему и выберем лучшую.

Разрабатываемая MES система должна выполнять ряд требований:

- автоматический сбор технологических параметров производства, формирование базы данных (БД);
- хранение производственных данных сроком до 5 лет;
- подготовка данных для автоматизированной системы управления (АСУ) предприятия;
- составление отчетов производства;
- отображение состояния технологических процессов и оборудования (в том числе простоев) с помощью мнемосхем;
- контроль складского учета;
- оповещения о критических и аварийных событиях на комбинате посредством SMS-сообщений и электронной почты.

Ядром АСОДУ «НПФ Ракурс» (АСОДУ Ракурс) является сервер промышленных приложений Industrial Application Server компании «Wonderware». Данный сервер может поддерживать хранение объектов всего ПО, централизованный сбор данных, а также выполнение скриптов. Архивирование данных осуществляется в БД реального времени Wonderware Industrial SQL. Архитектура InSQL является открытой и позволяет построить оптимальную для производства структуру сетевых приложений и обеспечить интеграцию системы с уже имеющейся АСУТП, а также использовать стандартные средства отчетности. Срок хранения данных 3 года. Данная система позволяет использовать 30 тыс. сигналов (тегов) одновременно [2]. Пример мнемосхемы АСОДУ Ракурс показан на рисунке 2.

Основными преимуществами использования данной системы является невысокая цена, а также быстрота внедрения системы. К недостаткам можно отнести: отсутствие оповещений по SMS и электронной почте, небольшая гибкость системы (невозможность подключать сторонние приложения), отсутствие использования «тонкого» клиента для просмотра и отображения мнемосхем и отчетов – необходимость устанавливать данную систему на каждом компьютере производства без возможности централизованного доступа, запаздывание получения данных (более 5 секунд) и среднее время формирования отчетов (более 6 минут), а также отсутствие ручного ввода данных в систему.

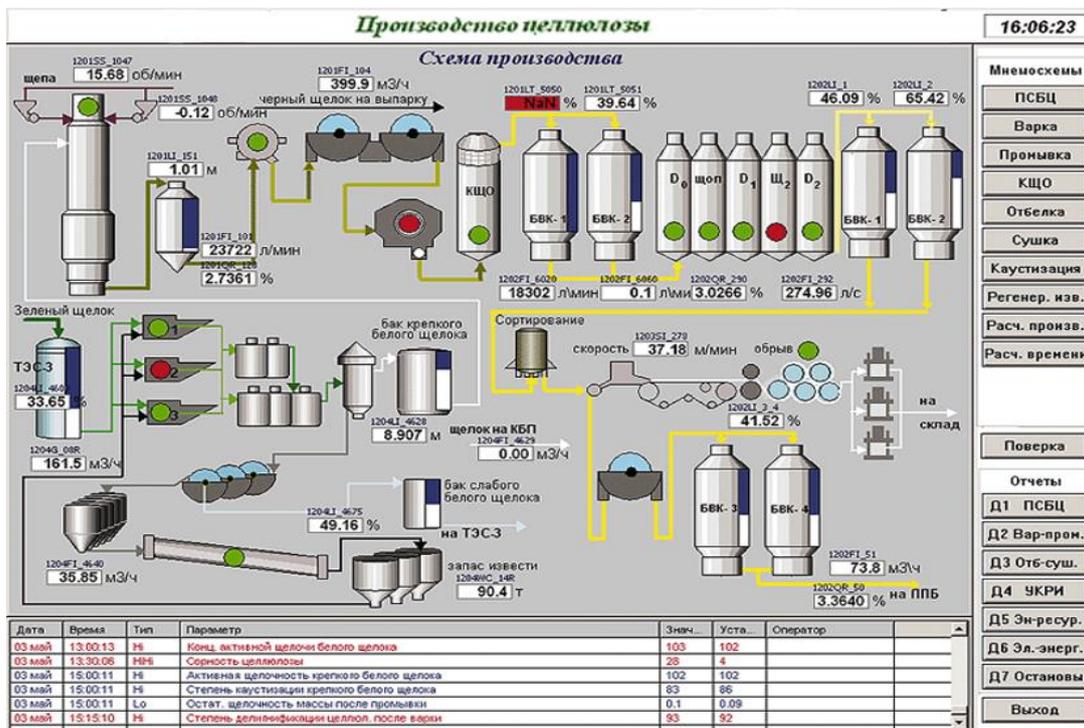


Рисунок 2. Пример мнемосхемы АСОДУ Ракурс

MES система компании «ИндаСофт» является коллаборацией двух решений: своих программных продуктов – WEB-портал I-DS/RO, сменный журнал I/DS-TL, а также продукты компании «LLC OSIssoft» – система учета операционных данных PI System [3]. Основным компонентом АСОДУ системы «ИндаСофт» (АСОДУ PI), который используется для разработки системы MES, является PI Asset Framework (PI AF). Этот продукт является основным инструментом для конфигурации функционала, а также для получения данных с различных источников предприятия. Данная система позволяет хранить производственные данные 7 лет. При взаимодействии с АСОДУ одновременно может использоваться 60 тыс. тегов [4]. Пример мнемосхемы АСОДУ PI показан на рисунке 3.



Рисунок 3. Пример мнемосхемы АСОДУ PI

Основными преимуществами использования этой системы является возможность ручного ввода данных, гибкость конфигурирования, возможность доступа к данной системе в любой точке мира через любое устройство, позволяющее подключиться к интернету, возможность оповещения о важных событиях производства по средствам SMS и эл. почты, а также отсутствие запаздывания получения данных на мнемосхемах и при формировании отчета. К недостаткам можно отнести высокую цену, длительную продолжительность конфигурирования системы. Для более наглядного анализа рассмотрим сравнение двух систем. В таблице 1 представлено сравнение двух MES систем.

Таблица 1. Сравнение двух MES систем

Критерий	АСОДУ Ракурс	АСОДУ PI
Хранение архивных производственных данных на протяжении, лет	3	7
Стоимость, млн. руб.	7	20
Ручной ввод	Отсутствует	Есть
Внедрение системы, мес.	5	11
Оповещения (SMS, эл. почта)	Отсутствует	Есть
Интеграция со смежными системами	Отсутствует	Да
Мобильная версия	Отсутствует	Есть
Количество сигналов, тыс.	15	60
Оперативность получения данных, с.	> 5	< 3
Средняя продолжительность формирования отчетов, мин.	> 6	< 1

Из данного анализа видно, что АСОДУ компании «ИндаСофт» в большей мере соответствует ряду требований для разработки MES системы на ЦБК.

Рассчитаем оценку экономической эффективности внедрения данной системы.

Эффективность разрабатываемой и внедряемой системы определяют, сопоставляя годовую экономию (годовой прирост прибыли), все виды затрат, необходимых для ее создания, развития и внедрения.

Для расчета экономического эффекта используем формулу:

$$\mathcal{E} = (C_0 - C_1) - E_n \times K, \quad (1)$$

где C_0 — затраты на производство продукции до внедрения АСОДУ, руб.;

C_1 — затраты на производство продукции после внедрения АСОДУ, руб.;

E_n — нормативный коэффициент экономической эффективности, $E_n = 0,15$;

K — капитальные затраты на реализацию системы, руб.

Капитальные затраты на разработку, внедрение MES системы включают:

- 1) Поставки лицензий по продуктам – 9 200 000 руб.
- 2) Конфигурация и наладка системы – 7 110 640 руб.
- 3) Гарантийное обслуживание системы 1 год – 4 011 300 руб.

Общая стоимость разработки и внедрения системы составляет: 20 221 940 руб. Данная сумма и будет являться капитальным вложением в АСОДУ. Затраты на производство продукции до внедрения системы составили 79 268 125 руб.

Использование данной системы позволит предприятию снизить затраты на производство продукции на 11,7 % за счет:

- уменьшения временных издержек оперативного управления производством посредством организации единого информационного пространства производственного учёта;
- повышения качества принимаемых специалистами и руководителями производственных служб предприятия управленческих решений за счёт обеспечения оперативными, непротиворечивыми, достоверными данными о текущем состоянии производства.

Данные затраты после внедрения составят – 69 994 095 руб.

Рассчитаем экономический эффект от разработки и внедрение MES системы:

$$\mathcal{E} = (79\,268\,125 - 69\,994\,095) - 0,15 \times 20\,221\,940 = 6\,240\,739 \text{ руб.} \quad (2)$$

Следовательно, экономический эффект от внедрения MES системы составляет 6,241 млн. рублей в год. Также для реализации данной MES системы посчитаем срок окупаемости, рассчитывающийся по формуле:

$$PP = \frac{I_0}{CF_{cr}} = \frac{20\,221\,940}{6\,240\,739} = 3.23, \quad (3)$$

где PP – срок окупаемости; I_0 – стоимость системы в рублях; CF_{cr} – среднегодовой доход от использования системы в рублях.

Следовательно, данная MES система окупится через 3 года и 4 месяца. Можно считать, что реализация системы является эффективной.

В данной статье описано понятие MES систем, произведена сравнительная характеристика систем для использования на ЦБК. А также произведен расчет экономической эффективности, который показал, что эффект от внедрения АСОДУ системы составит 6,241 млн. руб. в год. Окупаемость данной системы составит 3 года и 4 месяца.

Список использованной литературы

1. Винер Н. Кибернетика или Управление и связь в животном и машине. / пер. с англ. И.В. Соловьева и Г.Н. Поварова; под ред. Г.Н. Поварова. – 2-е издание. – М.: Наука, Главная редакция изданий для зарубежных стран, 1983. – 344 с.
2. B. S. De Ugarte, A. Artiba, and R. Pellerin, «Manufacturing execution system - A literature review» Prod. Plan. Control, vol. 20, no. 6, pp. 525–539, 2009.
3. Официальный сайт компании ГК «РАКУРС» [Электронный ресурс] URL: <https://www.rakurs.com/company/>
4. Официальный сайт компании «ИндаСофт» [Электронный ресурс] URL: <https://indusoft.ru/>
5. Программное обеспечение PI System [Электронный ресурс] URL: <https://www.osisoft.ru/pi-system/>

© М.В. Шилин, В.И. Сидельников, 2020

СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ

магистрант группы 48т **Карпеев Георгий Владимирович**,
магистрант группы 48т **Первых Владислав Васильевич**,
науч. руководитель: канд. техн. наук, зав. каф. **Стариков Александр Петрович**
Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)
г. Омск, Российская Федерация

Аннотация: Рассмотрение первоначальных причин возникновения такого явления как коррозия металла, сравнение существующих способов и материалов для защиты металлических конструкций от коррозии, важность определения наиболее подходящих методов защиты для тех или иных условий возникновения коррозии металлов, перспектива данного направления в условиях промышленного и частного использования.

Ключевые слова: коррозия, окружающая среда, способы защиты, покрытие, физическое взаимодействие.

WAYS TO PROTECT METAL STRUCTURES FROM CORROSION

Karpeev George Vladimirovich,
Pervykh Vladislav Vasilievich,
Starikov Aleksandr Petrovich

Abstract: Consideration of the initial causes of such a phenomenon as metal corrosion, comparison of existing methods and materials for protecting metal structures from corrosion, the importance of determining the most appropriate methods of protection for certain conditions of metal corrosion, the prospects of this direction in terms of industrial and private use.

Keywords: corrosion, environment, protection methods, coating, physical interaction.

Проблемы возникновения коррозии металла являются крайне важным и наиболее важным вопросом во многих отраслях в современном мире. Металл используется повсеместно, исходя из этого, невозможно игнорировать столь неприятный и значимый фактор нашей действительности – саморазрушение металла.

Ежегодно непостоянные условия окружающей среды планеты меняются в различных ее проявлениях, возникают все новые озоновые дыры, стихийные

бедствия и даже истощение ресурсов почвы. Во всем этом по большей мере виноват человек и его деятельность.

Из-за изменений во внешнем мире, которые глобально влияют на атмосферные факторы и оказывают достаточно большое влияние на целостность металлических конструкций и подвергают их воздействию необратимых коррозионных образований.

В связи с этим металлические конструкции имеют свойство терять свои первоначальные свойства, что отрицательно сказывается на их долговечности. В силу всех вышеперечисленных факторов возникает очевидный вопрос: существует ли оптимальный и эффективный способ защиты металлических конструкций от коррозии, который защищает металл от его негативных воздействий? Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо понять, что несет в себе понятие «коррозия». Коррозия – это явление саморазрушения металлов в ходе химического, электрохимического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой [1, с. 57].

Для предотвращения столь разрушительного процесса была изобретена антикоррозийная обработка металлических конструкций. Такая защита включает в себя увеличение срока жизни металлических конструкций, а также уменьшение стоимости следующих замен изношенного элемента конструкции. Следует отметить, что антикоррозионные защитные покрытия достаточно широко распространены, и в настоящее время ни одна конструкция промышленного предприятия не завершена без коррозии металлических конструкций. Основным назначением защиты является абсолютная изоляция металлических поверхностей от агрессивных сред.

Полиуретановые или эпоксидные основы используются на основе элементов для антикоррозийных работ, так как эти материалы обеспечивают наиболее надежную защиту металла от коррозии. Каждый год во всем мире теряется несколько миллионов тонн металлического фонда. По оценкам экспертов США, коррозия ежегодно уничтожает около четырех процентов валового национального продукта, или порядка трёхста миллионов долларов [2, с. 61].

Полностью избавиться от коррозии невозможно, но вполне возможно приостановить образование коррозионных отложений.

Чтобы остановить или как минимум замедлить разрушение металлов, необходимы комплексные мероприятия для остановки и подавления коррозионных процессов и поддержания работоспособности оборудования и конструкций во время их эксплуатации. Действенные методы защиты от коррозии основаны на концентрированном воздействии, что гарантированно приводит к их полному или же частичному снижению активности факторов, способствующих протеканию коррозионных процессов.

Следовательно, возможность защиты конкретного объекта следует выбирать на основе анализа его условий и режимов эксплуатации. В этом случае предъявляются требования к показателям, характеризующим требуемое качество оборудования, технологические свойства применения выбранного метода или способов защиты и достигнутый при этом экономический эффект. В противном случае неверно выбранный метод может стать практически пустой тратой денежных средств и времени.

Все существующие на данный момент способы защиты металлических конструкций от коррозионных образований можно разделить на три основных метода: первый - методы с воздействием непосредственно на сам металл. Второй - о способах использующих ключевую идею - воздействовать на окружающую среду. Третий - представляет собой совокупность этих двух методов. Электрохимическая защита, такой как катодно-анодный способ, а также различные виды покрытий, которые образуются на поверхности металлической конструкции, называются способами воздействия на металлические изделия. Защитные покрытия, которые образуются на поверхности защищаемых изделий, следует применять к методам воздействия на металлические конструкции. Правильно выбранный способ борьбы с коррозией позволяет увеличить шансы благоприятного исхода событий.

Немаловажной причиной возникновения коррозии являются блуждающие токи, так, например, вблизи электрифицированных железных дорог подземный трубопровод крайне уязвим к возникновению металлической коррозии. Коррозионные образования могут привести к существенным повреждениям, аварии поведут за собой высокие денежные расходы. Существует способ противостоять данной проблеме, в области возможного проявления коррозии организуют так называемую «электроразведку», вследствие которой определяют приблизительные места поврежденной изоляции. В наиболее благоприятном исходе событий в близлежащий грунт устанавливают кабельное соединение между защищаемой конструкцией и источником тех самых блуждающих токов. Теперь, не вызывая былой коррозии, ток возвращается к своему источнику по установленному ранее кабельному соединению.

Если речь идет о защите стальных трубопроводов, то в этом случае применяют катодную защиту. Метод осуществляется с помощью постоянного электрического тока от внешнего источника. Отрицательный полюс источника тока подключается к защищаемой металлической конструкции, а положительный к заземлению – аноду.

Сегодня существует большой выбор защитных покрытий, которые в свою очередь далее делятся на такие типы как: неорганические и органические. Независимо от типа защитного покрытия крайне необходимо наличие сплошного слоя, а также иметь высокую адгезию к металлу, равномерно распределяться по поверхности конструкции и обладать высокой коррозионной стойкостью.

Новые и усовершенствованные способы защиты от коррозии, а также появление как минимум новых идей по обработке металлических изделий делают процесс нанесения защиты легче. Наиболее простым и распространенным способом защиты в настоящее время является покраска лакокрасочными материалами. При таком условии защитный слой нужно наносить с интервалом не реже чем в пять лет, а это значит, что потребуется затратить много работы и времени. Существуют более современные методы защиты от коррозии, которые доступны не только для промышленных предприятий, но и для самых обычных потребителей, для которых в первую очередь важна стоимость и доступность проведения антикоррозийных мероприятий [3, с. 296].

Один из них, так называемая «жидкая резина». Жидкая резина – это полимер, способный обеспечить долговременную коррозионную защиту. Это покрытие наносится при помощи распылителя-пистолета, оно затвердевает практически сразу после нанесения битумной эмульсии, не создавая пятен, шероховатостей и всевозможных неровностей. Металлические изделия, обработанные таким материалом, абсолютно безразличны к экстремально высоким, так и низким температурам, а также к повышенной влажности.

Проведя предварительный анализ теоритической информации вопроса, касающегося коррозии металлических конструкций, появляется возможность практическим методом добиться увеличения срока службы как подземного, так и надземного трубопровода. Изучение максимального количества различных способов, способствует более эффективному решению данного вопроса.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что коррозия - это явление разрушения металла под воздействием множества факторов агрессивной окружающей среды. Коррозионные структуры металлических конструкций не могут быть на сто процентов удалены, их рост можно только приостановить. Существует достаточно много методов защитить металлических изделий от коррозии, но все они, так или иначе, имеют свои плюсы и минусы. Однако, с развитием научно-технологического прогресса открываются все новые и новые способы защиты от коррозии. Возможно, в будущем данная проблема изживет себя по тем или иным причинам.

Список используемой литературы

1. Матвеев Б.Н. Листовые нержавеющие стали // Сталь, 2018. № 5. – С. 56-60.
2. Конюхов А. Д., Шуртаков А. К. // Сталь, 2017. № 4. – С.60–63.
3. Ворошнин Л. Г. Антикоррозионные диффузионные покрытия. - Минск: Наука и техника, 2016. - 296 с.

© Г.В. Карпеев, В.В. Первых, А.П. Стариков, 2020

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА РАБОЧИХ МЕСТ И ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

студент гр. 7-519 **Рубежов Евгений Сергеевич**,
канд. техн. наук, доцент **Ремизова Ирина Викторовна**
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: Рассмотрено применение систем визуального контроля на производстве при отклонениях в производственном процессе. Описываются преимущества интеграции систем оповещения и поддержки принятия решений для реального промышленного производства.

Ключевые слова: бережливое производство, «андон», система оповещения, поддержка принятия решений, интеграция систем.

INTEGRATION OF WORKPLACE MONITORING AND DECISION SUPPORT SYSTEMS

Rubezhov Yevgeny Sergeevich,
Remizova Irina Viktorovna

Abstract: The application of visual control systems in production for deviations in the production process is considered. The advantages of integrating notification and decision support systems for real industrial production are described.

Keywords: lean manufacturing, Andon, notification system, decision support, system integration.

Автоматизация производственного предприятия – один из самых сложных вопросов, стоящий как перед разработчиками автоматизированных систем управления, так и перед компанией, осуществляющей производственную деятельность.

Еще в начале 1950-х гг. Тайити Оно (японский инженер и предприниматель) занимался исследованиями в сфере управления производством и в 1959 создал систему «канбан», позволяющую исключить из производственного процесса любые виды потерь. Система легла в основу концепции бережливого производства.

В 1986 году корпорация Motorola разработала концепцию управления производством, имеющую название «шесть сигм», которая подразумевает

необходимость улучшения качества каждого процесса, минимизацию дефектов и отклонений в ходе производственной деятельности.

Стремление получить оптимальную систему, приводящую к бережливому производству во всех сферах, требует тщательного анализа специфики технологических процессов предприятий различных отраслей.

«Андон» в переводе с японского это слово означает «лампа», представляет собой инструмент визуального менеджмента, позволяющий с одного взгляда определить состояние операций в какой-либо зоне производства и предупредить о возникновении любых отклонений от нормы [1]. «Андон» зарекомендовал себя как один из главных инструментов в реализации принципа бережливого производства.

Это средство передачи информации от исполнителя, от обслуживающего персонала на производстве непосредственному руководству, не отходя от рабочего места. Таким образом формируется представление о текущем состоянии хода производства, создается база информационных, визуальных и звуковых сигналов о проблемах, возникающих на поточной линии производства; осуществляется своевременная ответная реакция на возникшую проблему, позволяющая своевременно реагировать на каждое отклонение производственного процесса.

Главная поставленная задача – добиться улучшения качества работы производства, несмотря на возможные временные простои на некоторых этапах технологических процессов.

Основными средствами реализации системы являются лампы разных цветов, световые табло, информационные панели, мониторы и др.

При возникновении любой внештатной ситуации или дефекта рабочий останавливает работу на вверенном ему участке и подает сигнал системе оповещения. К месту подходит руководитель производства, чтобы оценить состояние проблемы в реальном времени. Анализируется причина остановки работы: нехватка материалов, проблема с качеством, сравнение плана с фактом, обслуживание станка, и проблема устраняется.

Основной проблемой при таком принципе работы является отсутствие у рабочего возможности самостоятельного принятия решения по устранению проблемы, в работе участка возникает простой.

В этом случае может помочь вспомогательная автоматизированная система, задачей которой будет проанализировать данные, упорядочить возможные решения и выдать наилучшее решение пользователю из множества возможных.

Таковыми системами являются системы поддержки принятия решений (СППР).

СППР - это интерактивная система автоматизации, обрабатывающая поступающую информацию с учетом различных условий для последующего анализа и выдачи сформированного решения в поддержку лицу, принимающему решение. Такая система помимо сбора и анализа данных должна моделировать возможные проблемные прогнозируемые ситуации различной степени структурированности, а также поддерживать исполнителя преобразовывая исходные данные в эффективные действия. Эта система должна обладать такими качествами, которые делают ее полезной для лица, принимающего решение [2].

Система должна иметь возможность адаптироваться к изменению ее моделей, общаться с пользователем и представлять результаты в удобной для понимания форме.

Обычно станки или иное оборудование на производственной линии имеют свои закрытые протоколы управления и к ним сложно подключить внешнюю систему мониторинга или SCADA систему.

Вспомогательную систему поддержки можно подключить не к станку, а непосредственно к системе оповещения, не вмешиваясь в работу внутренних протоколов оборудования. Состояние сигнала оповещения передается в реальном времени в систему управления.

Таким образом оператор или управляющий может видеть статус всех процессов, не покидая рабочего места и быстрее принимать решения. В свою очередь, мастер на месте может сразу получить от системы подсказку о последующих действиях, предпринимаемых для решения возникшей проблемы.

Интеграция систем оповещения «Андон» и поддержки принятия решения позволит:

- устранить часто повторяющиеся на производстве дефекты и вовремя применять соответствующие меры решения проблем;
- повысить скорость течения производственных процессов и тем самым увеличить объемы выпускаемых товаров за определенный период времени;
- побудить к действию и повысить работоспособность персонала, благодаря возможностям нахождения быстрых и самостоятельных решений, возникающих у них затруднений;
- повысить контроль качества выпускаемой продукции.

Данная тема является актуальной, поэтому для реального промышленного производства в дальнейшем планируется:

- Осуществить анализ возможных сбоев в работе и анализ выхода из строя оборудования.
- Проанализировать и при необходимости разработать методы сбора и обработки информации для поддержки принятия решений и разработать алгоритмы сбора и обработки информации для обеспечения информационной поддержки рабочего при возникновении различных внештатных ситуаций. А

также для появления возможностей рабочему самостоятельно принимать решения при возникновении данных ситуаций. Разработать модель СППР.

- Разработать методы поддержки принятия решений, которые позволят обеспечить необходимую достоверность и актуальность полученной информации и сократить время и усилия для её сбора, обработки и принятия решений.
- Реализовать разрабатываемые методы в виде алгоритмов поддержки принятия решений.
- Разработать методические, алгоритмические и программные средства и опробовать их действенность в условиях реального предприятия.

Применяя концепцию бережливого производства, можно создать эффективную систему мониторинга работы оборудования, собирать и структурировать данные, повысить качество контроля и управления ими, а также решить организационные вопросы рационального вовлечения руководителей и специалистов предприятия с применением методологических подходов к управлению информацией.

Список использованной литературы

1. Энциклопедия производственного менеджера [Электронный ресурс]. – URL: www.up-pro.ru/encyclopedia/andon.html (Дата обращения: 18.04.2020 г.)
2. Назначение систем поддержки принятия решений / Инфопедия [Электронный ресурс]. – URL: <https://infopedia.su/15xe7f.html> (Дата обращения: 18.04.2020 г.)

© Е.С. Рубежов, И.В. Ремизова, 2020

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

студент гр. ЭНМ2-83 **Дектяренко Григорий Александрович**,
науч. руководитель: канд. техн. наук **Стрельников Николай Александрович**
Новосибирский государственный технический университет
г. Новосибирск, Российская Федерация

Аннотация: В статье описано обоснование необходимости оперативного управления режимом напряжения в системе электроснабжения промышленного предприятия. Дан анализ возможных технических средств, позволяющих реализовать управляющее воздействие, сформированное цифровой системой управления. Приведено формальное описание разработанного алгоритма цифрового управления режимом напряжения в системе электроснабжения промышленного предприятия.

Ключевые слова: качество электроэнергии, цифровое управление, средства регулирования напряжения, источники информации о напряжении, управляющее воздействие.

DEVELOPMENT OF THE DIGITAL CONTROL ALGORITHM FOR THE VOLTAGE MODE IN THE ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM OF THE INDUSTRIAL ENTERPRISE

Dektyarenko Grigory Alexandrovich
Strelnikov Nikolay Alexandrovich

Abstract: The article describes the digital control algorithm for the voltage mode in the power supply system of an industrial enterprise. The objective of this algorithm is to increase the energy efficiency of power consumers by improving the quality of the electric energy of the power supply system using digital technologies.

Keywords: power quality, digital control, voltage regulation, voltage information sources, control action.

Система электроснабжения промышленного предприятия должна обеспечивать номинальное или близкое к нему напряжение в нормальных режимах работы. Допустимые отклонения напряжения регламентированы стандартом [1]. Следует отметить, что любое отклонение напряжения от номинального приводит к ухудшению энергетических и экономических показателей функционирования самой системы электроснабжения и технологического оборудования предприятия [2]. При частых и значительных

изменениях напряжения в системе электроснабжения у потребителя могут возникать ущербы, связанные с уменьшением объёма производимой продукции, дополнительными потерями электроэнергии и увеличением энергетических затрат на единицу выпускаемой продукции. Персонал службы электроснабжения предприятия, как правило, не может обеспечить оперативное регулирование напряжения.

Автоматическое управление режимом напряжения позволит исключить многие из недостатков, связанных с появлением значительных отклонений напряжения. Основой такого управления может быть цифровая система управления. Успешное функционирование такой системы возможно при наличии необходимой исходной информации: о конфигурации схемы электроснабжения, о величине напряжения в контролируемых узлах схемы и о технических средствах, непосредственно обеспечивающих регулирование. Вся необходимая информация условно может быть разделена на два вида: базовая и оперативная. К базовой относится информация о схеме системы электроснабжения, о точках контроля напряжения и об имеющихся исполнительных устройствах. К оперативной относится информация о величинах отклонения напряжения точках контроля. Формирование управляющего воздействия производится с помощью вычислительных устройств на основе обработки текущей оперативной информации. Управляющее воздействие в виде команды управления передаётся к исполнительным устройствам по специальным каналам связи. Исполнительные устройства, находясь в режиме ожидания, обрабатывают команду управления, улучшая режим напряжения.

Основой предлагаемой системы управления является разработанный алгоритм. Успешная работа этого алгоритма во многом определяется качеством и достоверностью исходной информации. Информация о схеме системы электроснабжения формируется на основе фактической принципиальной однолинейной схемы. Для этого исходная схема представляется схемой её замещения. Параметры ветвей схемы замещения не требуются, важна только конфигурация схемы. Каждому из узлов схемы замещения, начиная от узла, соответствующего границе балансовой принадлежности сетей, присваивается номер. Номером ветви считается номер её конца. Источниками информации о величине отклонения напряжения в точках контроля являются интеллектуальные счётчики электроэнергии с цифровым выходом. Электросчётчики, позволяющие реализовать эту функцию и производимые в России: Меркурий 234 с индексом Р, Меркурий 230 и 236 с индексом Q производства "Инкотекс-СК"; СЕ-308 с индексом U (Концерн "Энергомера"); СЭТ-4ТМ и ПСЧ-4ТМ (Завод им. Фрунзе) и другие. Каждому счётчику присваивается номер, совпадающий с номером ветви, в которой счётчик расположен. При отсутствии счётчика соответствующему элементу массива присваивается "0". Аналогично присваиваются номера источникам реактивной мощности компенсирующих устройств и трансформатором с блоками

регулирования напряжения под нагрузкой (РПН). Информация о конфигурации схемы представляет собой двумерный массив, а информация об электросчётчиках, компенсирующих устройствах и блоках РПН на силовых трансформаторах - одномерные массивы.

Измерение установившихся значений отклонения напряжения в контролируемых точках для каждой из фаз производится в соответствии с требованиями стандарта [3] на 1008 интервалах времени, равных 10 мин.

Работа алгоритма управления режимом напряжения начинается с подготовки базовой исходной информации и её ввода в память вычислительных устройств, обеспечивающих процесс вычисления всех параметров, необходимых для формирования управляющих воздействий.

В процессе работы системы управления на основании получаемой информации формируются двумерные массивы результатов измерений отрицательных и положительных отклонений напряжений для каждой фазы. В строки массивов заносятся номера ветвей, а в столбцы номера интервалов времени. Для формирования этих массивов применяются два блока цикла со счетчиком, которые отвечают за выполнения циклических команд. Внутри элемента записывается заголовок цикла со счетчиком, а операции тела цикла располагаются ниже элемента. При каждой итерации цикла программа возвращается к заголовку цикла. Первый блок начинает перебирать номера интервалов времени. Однако, прежде чем перейти от одного номера интервала времени к другому, программа обращается к нижестоящему блоку, который вводит данные об отклонениях напряжения для каждой фазы. Далее следует второй блок цикла со счетчиком, который перебирает номера ветвей.

Теперь, когда определено, как будут заполняться массивы, необходимо создать условия их заполнения. Заполнение массивов осуществляется с помощью нескольких блоков ветвления. Если в ветви отсутствует счетчик, то элементы массивов положительного и отрицательного отклонения напряжения будут иметь значения ноль. Далее алгоритм сравнивает положительное отклонение напряжения каждой фазы с нулем. Если значение положительного отклонения напряжения не равно нулю, то элементу массива положительного отклонения напряжения присваивается значение данного напряжения, а элементу массива отрицательного отклонения напряжения присваивается ноль. И напротив, если значение положительного отклонения напряжения равно нулю, то элементу массива отрицательного отклонения напряжения присваивается значение отрицательного отклонения напряжения, а элементу массива положительного отклонения напряжения присваивается ноль.

На этом этапе имеется определённое значение отклонения напряжения, и если значение напряжения превышает допустимые значения [1], необходимо сформировать управляющие воздействие на исполнительные устройства с целью регулирования напряжения. Но стоит учесть, что для положительного и отрицательного отклонений напряжения будут осуществляться разные мероприятия по регулированию напряжения. В связи с этим требуется

определить, какое именно отклонение напряжения имело место на данном интервале времени для каждой фазы. С этой целью задействованы блоки ветвления, которые сначала сравнивают значение положительного отклонения напряжения для каждой фазы с нормой [1], то есть с 10%, а затем также сравнивают значения отрицательного отклонения напряжения для каждой фазы с установленной нормой.

Если обнаружится, что положительное или отрицательное отклонение напряжения превышает 10 %, то производится маркирование данных. Согласно ГОСТ [3], маркирование данных позволяет принять меры, исключая учет единственного события, более чем один раз для различных показателей КЭ. Маркирование предоставляет дополнительную информацию об измерении или объединении измеренных значений показателей КЭ. Маркирование производится с помощью двумерных массивов маркированных данных для положительных и отрицательных отклонений напряжений пофазно. В данные массивы будут заноситься не только отклонение напряжения, но и интервал времени на котором обнаружено данное отклонение.

После маркирования данных производится формирование управляющих воздействий на исполнительные устройства с целью регулирования напряжения. Так как цикл не завершился, номер ветви по-прежнему тот, который был в начале цикла, поэтому известно, в какой именно ветви наблюдается отклонение напряжения. Необходимо понять, какие технические средства регулирования напряжения присутствуют в этой ветви. С этой целью задействован перебор исходного массива средств регулирования напряжения. Стоит напомнить, что в исходных данных техническим средствам регулирования напряжения присвоены номера, совпадающие с номерами ветвей, в которых они установлены. Поэтому чтобы убедиться, что в ветви, где обнаружено отклонение, действительно присутствует техническое средство регулирования напряжения, задействован блок ветвления, который сравнивает номер технического средства и номер ветви. В случае, если номера не совпадают, то сравнивается следующий элемент массива средств регулирования напряжения. Если же номера совпадают, то задействуется следующий блок ветвления. Данный блок определяет, какое именно техническое средство регулирования напряжения присутствует в ветви.

Если в ветви присутствует трансформатор с РПН, то в случаях, когда выявлено положительное отклонение напряжения, формируется управляющая команда на включение четырех ступеней РПН, равной $-4 \times 2,5$ %. Включение четырех ступеней равных -10 % продиктовано тем, что алгоритм уже выявил положительное отклонение напряжение выше нормы 10 %, поэтому нет смысла поочередно подключать ступени. Если в ветви присутствует нерегулируемая конденсаторная установка, то формируется команда на отключение данной конденсаторной установки.

Аналогично команды применяются при выявлении отрицательного отклонения напряжения. Однако, если в ветви присутствует трансформатор с РПН, то уже формируется команда на включение четырёх ступеней, равных

+10 %. В случае, если в ветви присутствует нерегулируемая конденсаторная установка, то формируется команда на включение данной конденсаторной установки. После проведения мероприятий по регулированию напряжений и в случае, если не было обнаружено отклонений напряжений в ветви, алгоритм возвращается к блоку цикла со счетчиком, где происходит перебор ветвей и цикл снова повторяется. Таким образом, на одном интервале времени проверяются все ветви, и после того как проверены все ветви, алгоритм возвращается к блоку подготовки данных, где происходит перебор интервалов времени. При переходе от одного интервала времени к другому в алгоритме предусмотрено повторение вышеописанного цикла.

Таким образом, в течение всех 1008 интервалов времени происходит отслеживание отклонения напряжения и происходит регулирование режима напряжения, если это требуется. Алгоритм работает в замкнутом цикле, то есть после того, как он завершит перебор всех 1008 интервалов, он начнет заново перебор интервалов времени. Также существует возможность внести в алгоритм дополнительные средства регулирования напряжения, позволяя сделать его более универсальным.

Предлагаемый алгоритм может быть использован для электрических сетей радиального и радиально - магистрального вида. Этот вид сетей характерен для систем электроснабжения. Наличие замкнутых контуров в электрической сети при формировании управляющего воздействия приводит к необходимости расчёта режима работы сети. Следует отметить, что силовые трансформаторы цеховых трансформаторных подстанций напряжением 10/0,4 кВ, как правило, не имеют РПН с электромеханическим приводом. Это затрудняет реализацию автоматического управления режимом напряжения в цеховых электрических сетях, в наибольшей степени подверженных негативному воздействию отклонений напряжения. Таким образом, регулирование напряжения в системах электроснабжения производится встречно: центральное на главной понижающей подстанции переключением РПН с электроприводом и встречное с помощью устройств компенсации реактивной мощности.

Список использованной литературы

1. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения – Введ. 2014–07–01. – М.: Стандартинформ, 2014.
2. Стрельников Н.А. Энергосбережение: учебник / Н.А.Стрельников. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. - 176 с. (Серия "Учебники НГТУ").
3. ГОСТ 30804.4.30-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии (с Поправкой)– Введ. 2014–07–01. – М.:Стандартинформ, 2014.

© Г.А. Дектяренко, Н.А. Стрельников, 2020

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ
ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

д-р. техн. наук, проф. **Барановский Владимир Владимирович**,
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
канд. техн. наук, доцент **Короткова Татьяна Юрьевна**,
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
инженер-программист **Петров Алексей Геннадьевич**
ООО «Облачная медицина»
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: В данной статье приведен анализ состояния и состава энергетического оборудования электростанций, являющихся источниками энергии для предприятий города Санкт-Петербург и Ленинградской области. Обоснована необходимость проведения модернизации оборудования существующих промышленных ТЭС в связи со значительным моральным и физическим износом.

Ключевые слова: промышленные тепловые электростанции, модернизация, турбина, котлоагрегат, износ оборудования.

**ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF EQUIPMENT FOR
INDUSTRIAL THERMAL POWER PLANTS IN THE CITY OF SAINT
PETERSBURG AND THE LENINGRAD REGION**

Baranovsky Vladimir Vladimirovich,
Korotkova Tatyana Yuryevna,
Petrov Alexey Gennadievich

Abstract: This article analyzes the state and composition of power equipment of power plants that are energy sources for enterprises in the city of Saint Petersburg and the Leningrad region. The article substantiates the need to modernize the equipment of existing industrial thermal power plants, due to significant moral and physical wear.

Keywords: thermoelectric power station, modernization, turbine, boiler, equipment wear

Промышленные тепловые электростанции – это электростанции, снабжающие тепловой и электрической энергией (или только электрической энергией) конкретное производственное предприятие. Промышленные тепловые электростанции входят в состав тех промышленных предприятий, которые они

обслуживают. Их мощность определяется потребностями промышленных предприятий в тепловой и электрической энергии. Отличительными особенностями промышленных тепловых электростанций являются [1]:

- взаимосвязь электростанции с основным технологическим оборудованием, используемым в производственном цикле. С одной стороны, промышленные электростанции являются источником тепловой и электрической энергии, используемой в технологическом процессе предприятия, с другой стороны, электростанции сами являются потребителями горючих отходов производства и вторичных энергоресурсов;

- объединение ряда хозяйств электростанции и предприятия в единую систему (общее с предприятием топливное хозяйство, система водоснабжения, транспортные устройства, ремонтные мастерские, материальные склады и вспомогательные службы, бытовые сооружения для персонала и т.д.).

В данной статье приведен анализ состояния и состава энергетического оборудования электростанций, являющихся источниками энергии для предприятий города Санкт-Петербург и Ленинградской области.

Основная масса действующих промышленных ТЭС была построена в 50-70-х годах прошлого века (диаграмма рисунка 1). В 90-е и 2000-е годы из-за кризисных явлений в экономике России ввод в эксплуатацию промышленных тепловых электростанций практически не осуществлялся. В настоящее время в Санкт-Петербурге и Ленинградской области продолжается эксплуатация действующих источников тепло- и энергоснабжения, построенных более 60 лет назад.

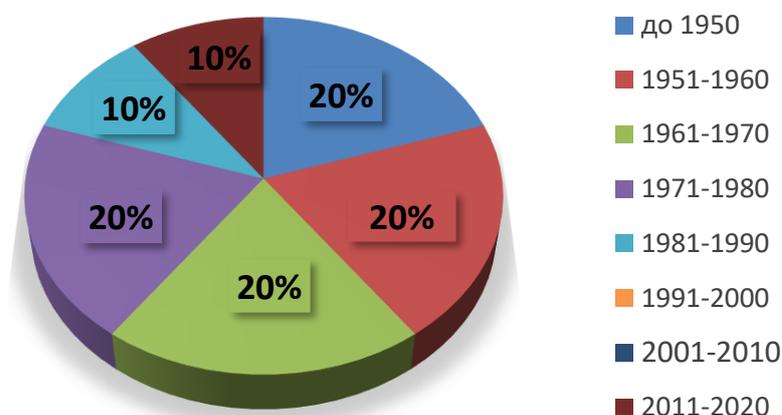


Рисунок 1. Данные по вводу в эксплуатацию промышленных тепловых электростанций предприятий г. Санкт-Петербург и Ленинградской области

Параметры пара перед турбинами в нашей стране определены действующими стандартами. На промышленных ТЭС чаще всего используются средние параметры: $p = 3,5$ МПа; $t = 435$ °С. Структура установленной мощности промышленных тепловых электростанций по типу используемого энергогенерирующего оборудования приведена в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1. Структура установленной мощности электростанций с установками различного типа

Тип установок тепловой электростанции	Установленная мощность, МВт	Количество единиц, шт.
ПСУ 24 МПа	0	0
ПСУ 13 МПа	0	0
ПСУ 9 МПа и менее	404	30
ГТУ	102	2
ГПА	109,8	6
Всего	615,8	38

Небольшую долю установленной мощности занимают современные газотурбинные установки (ГТУ) -16 % и газопоршневые установки -18 %.

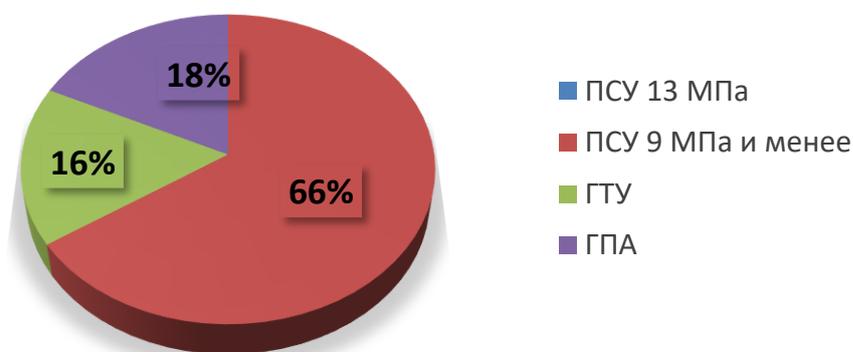


Рисунок 2. Структура установленной мощности с установками различного типа промышленных тепловых электростанций предприятий г. Санкт-Петербург и Ленинградской области

В связи с тем, что промышленные тепловые электростанции обеспечивают потребности предприятия в тепловой энергии (т.е. имеют постоянного потребителя тепла) заданных параметров, не зависящих от климатических условий, в состав таких станций входят противодавленческие турбины типа Р, с давлением на выходе 0,5 МПа и турбины типа ПР, имеющие производственный отбор пара при давлении 1,0-1,5 МПа. Кроме этого, на крупных ТЭЦ устанавливаются турбины типа ПТ с двумя регулируемым отборами пара, производственным при давлении около 1,0 МПа и теплофикационным при давлении 0,12-0,25 МПа. Структура установленной мощности промышленных тепловых электростанций с разбивкой по типу установленных паровых турбин приведена в таблице 2 и на рисунке 3.

Анализируя данные таблицы 2 и диаграммы рисунка 3, следует отметить, что на эксплуатируемых в настоящее время промышленных тепловых электростанциях установлено больше всего паровых турбин типа Р небольшой мощности (6-12 МВт) и турбин типа ПТ для покрытия производственных и отопительных нагрузок предприятия и сторонних потребителей.

Таблица 2. Структура установленной мощности электростанций с паровыми турбинами различного типа

Тип паровой турбины	Установленная мощность, МВт	Количество единиц, шт.
ПТ (теплофикационная с производственным и отопительным отборами пара)	110	6
Р (с противодавлением, без регулируемого отбора пара)	132	12
ПР (с производственным отбором и противодавлением)	98	8
П (теплофикационная с производственным отбором пара)	0	0
Т (с теплофикационным отбором пара)	60	4
Всего	400	30

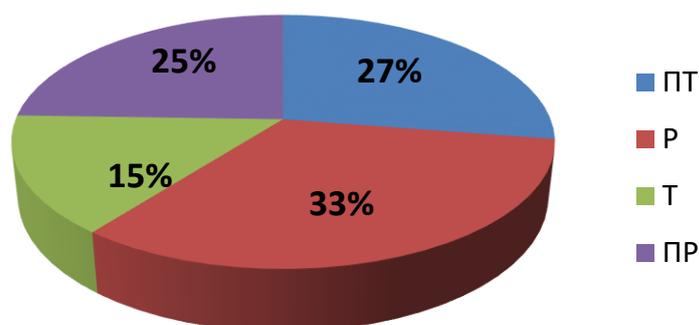


Рисунок 3. Структура установленной мощности с паровыми турбинами различного типа промышленных тепловых электростанций предприятий г. Санкт-Петербург и Ленинградской области

Состояние основных фондов промышленных тепловых электростанций характеризуется высоким физическим износом. На диаграмме рисунка 4 представлена возрастная структура генерирующего оборудования промышленных электростанций предприятий г. Санкт-Петербург и Ленинградской области.

К 2020 году суммарная мощность турбоагрегатов, продолжительность эксплуатации которых превышает 30 лет, составила 335,9 МВт или 54 % мощности всего парка генерирующего оборудования тепловых электростанций предприятий. При этом суммарная мощность турбоагрегатов тепловых электростанций старше 50 лет составляет 155,9 МВт.

Средний возраст основного оборудования электростанций на начало 2020 г. составил 34 года. Доля энергетических котлов, установленных на промышленных тепловых электростанциях, имеющих возраст более 30 лет составляет 87 %, для водогрейных котлов этот показатель -100 %.

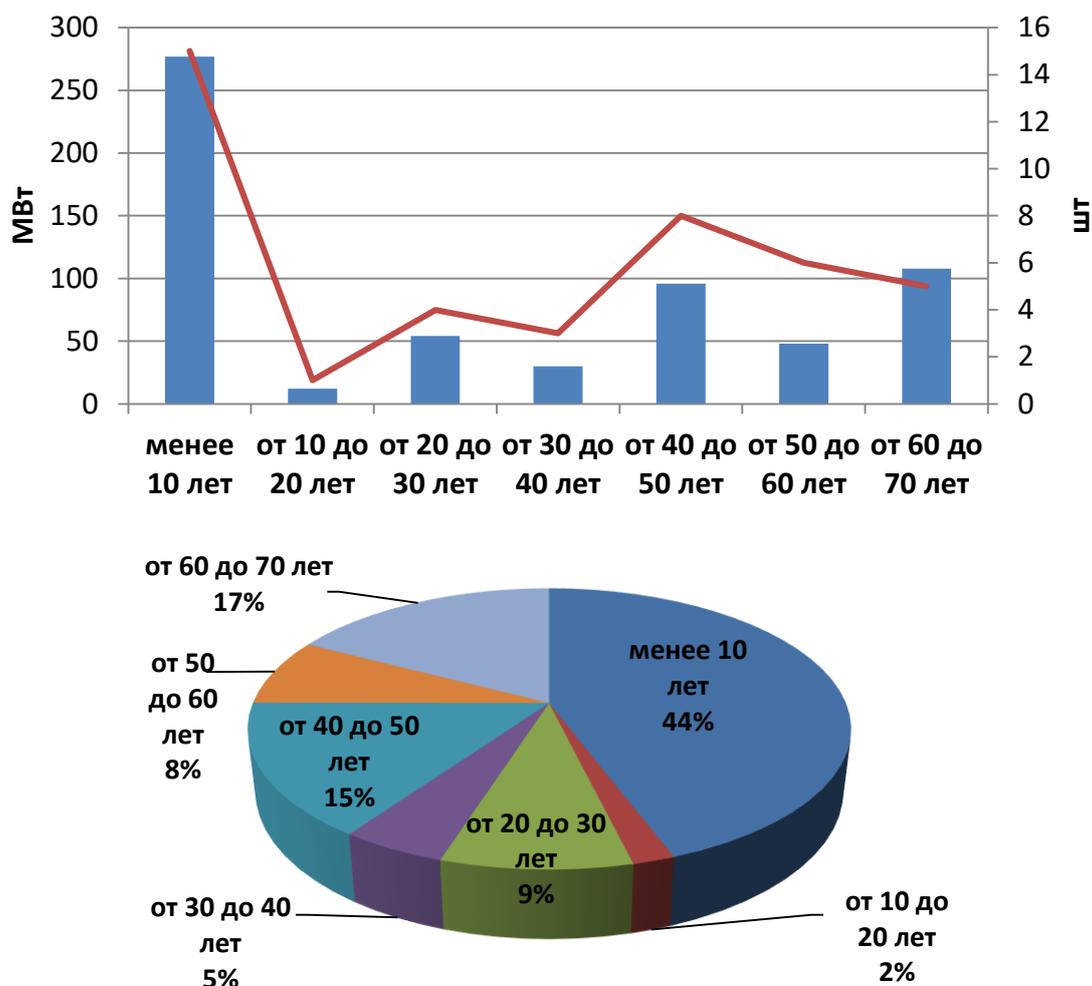


Рисунок 4. Возрастная структура установленной мощности турбоагрегатов промышленных тепловых электростанций

Возрастная структура котельного оборудования промышленных ТЭС представлена на рисунке 5.

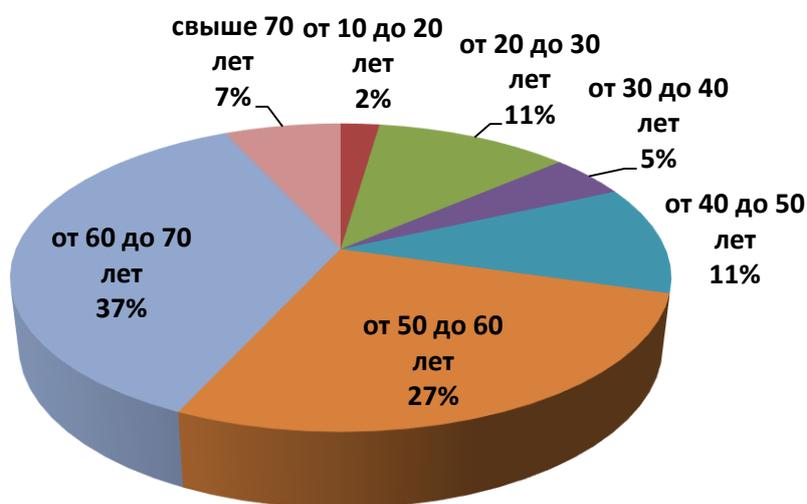


Рисунок 5. Возрастная структура котлоагрегатов промышленных тепловых электростанций предприятий г. Санкт-Петербург и Ленинградской области

На основании данных по вводу в эксплуатацию котельного и турбинного оборудования промышленных тепловых электростанций был рассчитан физический износ котлов и турбоагрегатов, согласно методу фирмы Deloitte&Touche, приведенному в нормативном документе ОАО РАО «ЕЭС России» [3]. Степень физического износа рассчитывалась как отношение наработанного срока службы оборудования к назначенному сроку службы.

Анализ степени физического износа оборудования осуществлялся по шкале, приведенной в таблице 3.

Таблица 3. Шкала износа оборудования Deloitte&Touche

Процент износа, %	Группа	Состояние оборудования	Характеристика состояния оборудования
0-5	А	Новое	Новое установленное и еще не эксплуатировавшееся оборудование в отличном состоянии
5-17	Б	Очень хорошее	Бывшее в эксплуатации оборудование, полностью отремонтированное или реконструированное, в отличном состоянии
17-33	В	Хорошее	Бывшее в эксплуатации оборудование, полностью отремонтированное или реконструированное, в хорошем состоянии
33-50	Г	Удовлетворительное	Бывшее в эксплуатации оборудование, требующее некоторого ремонта или замены отдельных мелких частей, таких как подшипники, вкладыши и др.
50-67	Д	Условно пригодное	Бывшее в эксплуатации оборудование в состоянии, пригодном для дальнейшей эксплуатации, но требующее значительного ремонта или замены главных частей, таких, как двигатель и других ответственных узлов
67-83	Е	Неудовлетворительное	Бывшее в эксплуатации оборудование, требующее капитального ремонта, такого, как замена рабочих органов основного агрегата
83-95	Ж	Непригодное к применению	Бывшее в эксплуатации оборудование, не пригодное к дальнейшему использованию
Более 95	З	Лом	Оборудование, в отношении которого нет разумных перспектив на продажу, кроме как по стоимости основных материалов, которые можно из него извлечь

По данным проведенного анализа (рисунки 6-7) 58 % установленных турбин электростанций предприятий г. Санкт-Петербург и Ленинградской области имеют физический износ, превышающий 95 % (группа «З» по таблице 3). Еще хуже обстоят дела с котельным оборудованием - здесь полностью изношены 83 % котлов.

Данное оборудование может быть использовано только в качестве металлолома.

В работоспособные группы (от «А» до «Д») попало лишь 42 % турбоустановок и 16 % котельного оборудования.

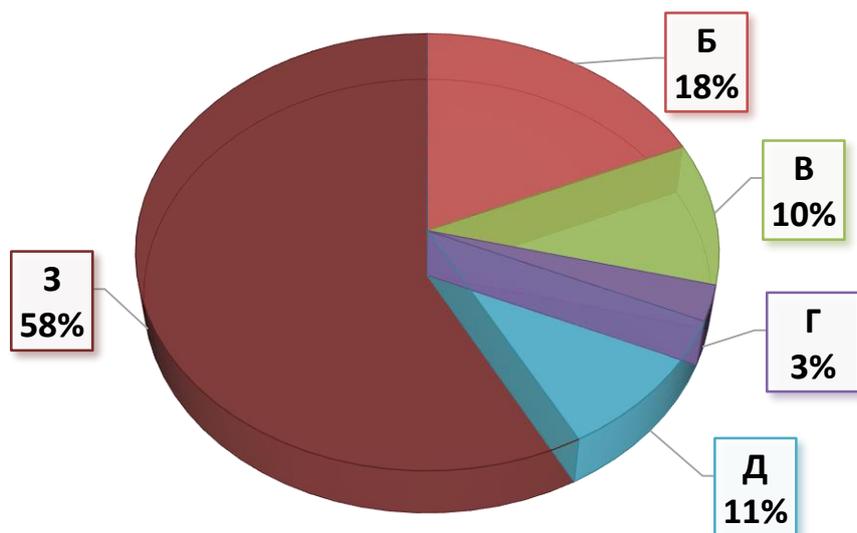


Рисунок 6. Физический износ турбин промышленных тепловых электростанций предприятий г. Санкт-Петербург и Ленинградской области

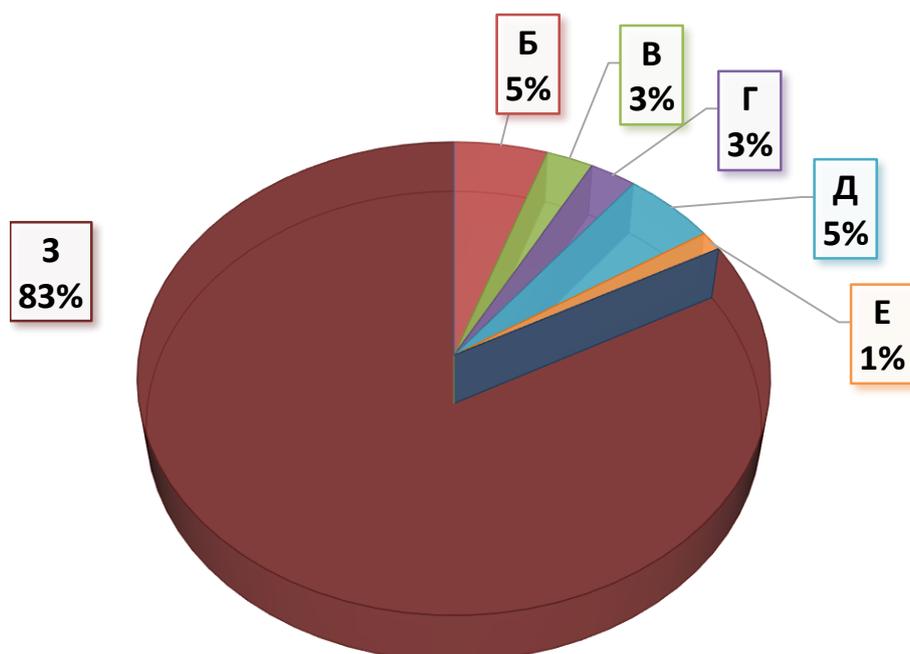


Рисунок 7. Физический износ котлов промышленных тепловых электростанций предприятий г. Санкт-Петербург и Ленинградской области

Полученные данные говорят о том, что современное техническое состояние оборудования промышленных тепловых электростанций предприятий России может быть оценено как критическое. Невысокие вводы новых мощностей в последние годы не позволяют существенно увеличить вывод устаревшего оборудования. Однако износ эксплуатирующегося сегодня на тепловых электростанциях промышленных предприятий энергогенерирующего оборудования критически велик, а энергопотребление предприятий растет. Все вместе это создает высокие риски для стабильного функционирования промышленных предприятий в стране.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что для сохранения конкурентоспособности продукции отечественных предприятий и повышения их рентабельности уже в самое ближайшее время необходимо решать задачи по модернизации основного энергетического оборудования промышленных ТЭС с совершенствованием технологии производства тепловой и электрической энергии.

Список использованной литературы

1. Промышленные тепловые электростанции/ М.И. Баженов, А.С. Богородский, Б.В. Сазанов, В.Н. Юренев: учебник для вузов; под ред. Е.Я. Соколова - М.: Энергия, 1967. - 344 с.
2. ИТС 48–2017. Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и иной деятельности.
3. Методология и руководство по проведению оценки бизнеса и/или активов ОАО РАО «ЕЭС России» и ОАО ДЗО РАО «ЕЭС России», Deloitte&Touche, 2003 г.

© В.В. Барановский, Т.Ю. Короткова, А.Г. Петров, 2020

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

студентка гр. ЭО-1-17 **Латыпова Динара Минияровна**,
Казанский государственный энергетический университет
г. Казань, Российская Федерация

студент гр.421 **Зверев Леонид Олегович**,
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

науч. руководитель: д-р техн. наук, проф. **Зверева Эльвира Рафиковна**
Казанский государственный энергетический университет
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация: Развитие современной энергетики непосредственно связано с состоянием экологии, обусловленное ростом потребления топливных ресурсов. К числу значимых проблем, связанных со сжиганием органического топлива, относятся выбросы в окружающую среду. Характерными для отрасли энергетики вредными веществами являются диоксид серы, оксиды азота и углерода. Предложен способ комплексной очистки дымовых газов тепловых электростанций при сжигании органических топлив, которая обеспечивает высокую степень очистки газов от оксидов азота, оксидов серы и углекислого газа.

Ключевые слова: вредные выбросы, комплексная очистка, абсорбер, тепловые электрические станции, органическое топливо.

METHODS FOR REDUCING HARMFUL EMISSIONS OF HEAT ELECTRIC STATIONS

Latypova Dinara Miniyarovna,
Zverev Leonid Olegovich,
Zvereva Elvira Rafikovna

Abstract: The development of modern energy is directly related to the state of the environment, due to increased consumption of fuel resources. Significant issues associated with the burning of fossil fuels include emissions into the environment. Harmful substances characteristic of the energy industry are sulfur dioxide, nitrogen and carbon oxides. A method is proposed for the comprehensive purification of flue gases from thermal power plants during the burning of organic fuels, which provides a high degree of purification of gases from nitrogen oxides, sulfur oxides, and carbon dioxide.

Keywords: harmful emissions, complex cleaning, absorber, thermal power plants, organic fuel.

Для очистки газов от вредных примесей в настоящее время существует большое количество технологий, основанных на различных физических и химических принципах: сухие (фильтрация, адсорбция, термическое и каталитическое окисление, электронно-лучевое воздействие); комбинированные (адсорбционно-каталитические, абсорбционно-каталитические); мокрые (хемосорбция, абсорбция, промывка).

В настоящее время существует два основных способа снижения выбросов оксидов серы установками, сжигающими серосодержащее топливо: десульфуризация органического топлива или очистка дымовых газов от оксидов серы с помощью специальных установок. Первый способ является перспективным направлением, так как агрессивные оксиды серы не проходят дальше по тракту котла, тем самым не вызывают коррозию оборудования и повышают экономичность сжигания. Данный процесс является сложным и требует больших капитальных затрат, поэтому в настоящее время наиболее распространенным является метод очистки дымовых газов в сероулавливающих установках.

Существующие способы организации технологического процесса по удалению оксидов серы из дымовых газов можно классифицировать на:

- абсорбционные, при которых сернистый ангидрид связывается химически в промывочной жидкости посредством молекулярного притяжения, например, абсорбция на основе соединений аммиака (NH_3), к которым можно отнести процесс «IFP» (Французский институт нефти), по которому работает более 40 установок в мире (в том числе 10 - в США) [1, с.123];
- адсорбционные, при этих процессах сернистый ангидрид связывается с поверхностью твердого материала физическими силами взаимодействия;
- хемосорбционные, при которых происходит химическое связывание сернистых оксидов с твердым материалом.

Очистка дымовых газов от оксидов азота представляет собой весьма сложный процесс. Диоксид азота – один из самых опасных загрязнителей природы, образующийся в больших количествах при сжигании природного газа, мазута, твердого топлива, бензина и др. Основной риск для окружающей среды заключается в том, что выброшенный в атмосферу NO_2 при взаимодействии с водяным паром образует азотную кислоту, которая при выпадении в виде дождя или снега катастрофически воздействует на окружающую среду.

Все методы очистки дымовых газов от оксидов азота – процессы денитрификации, также как и процессы десульфуризации, делятся на сухие и мокрые, протекающие без регенерации или с регенерацией абсорбента.

Для совместной абсорбции оксидов азота и диоксида серы может эффективно использоваться озоно-аммиачный метод, заключающийся во вводе в

отходящие дымовые газы окислителя - озона, который превращает низшие оксиды серы и азота (SO_2 и NO) до высших (SO_3 , NO_2 , N_2O_5), хорошо поглощаемых водой.

Для эффективного процесса газоочистки необходимы аппараты с развитой поверхностью контакта. По способу образования этой поверхности их можно разделить на пленочные, насадочные, барботажные и распылительные. Достоинством насадочных колонн является относительно низкое сопротивление, большой интервал устойчивой работы и высокая эффективность очистки.

Образующиеся дымовые газы проходят очистку в золоуловителе, и в теплообменнике охлаждаются до $t = 50-55^\circ\text{C}$. Далее по ходу газов вводится озонированный воздух. Под воздействием озона происходит быстрое окисление (SO_2 и NO) до высших оксидов (SO_3 , NO_2 , N_2O_5), и далее дымовые газы поступают в абсорбер для комплексной очистки дымовых газов (рис.1).

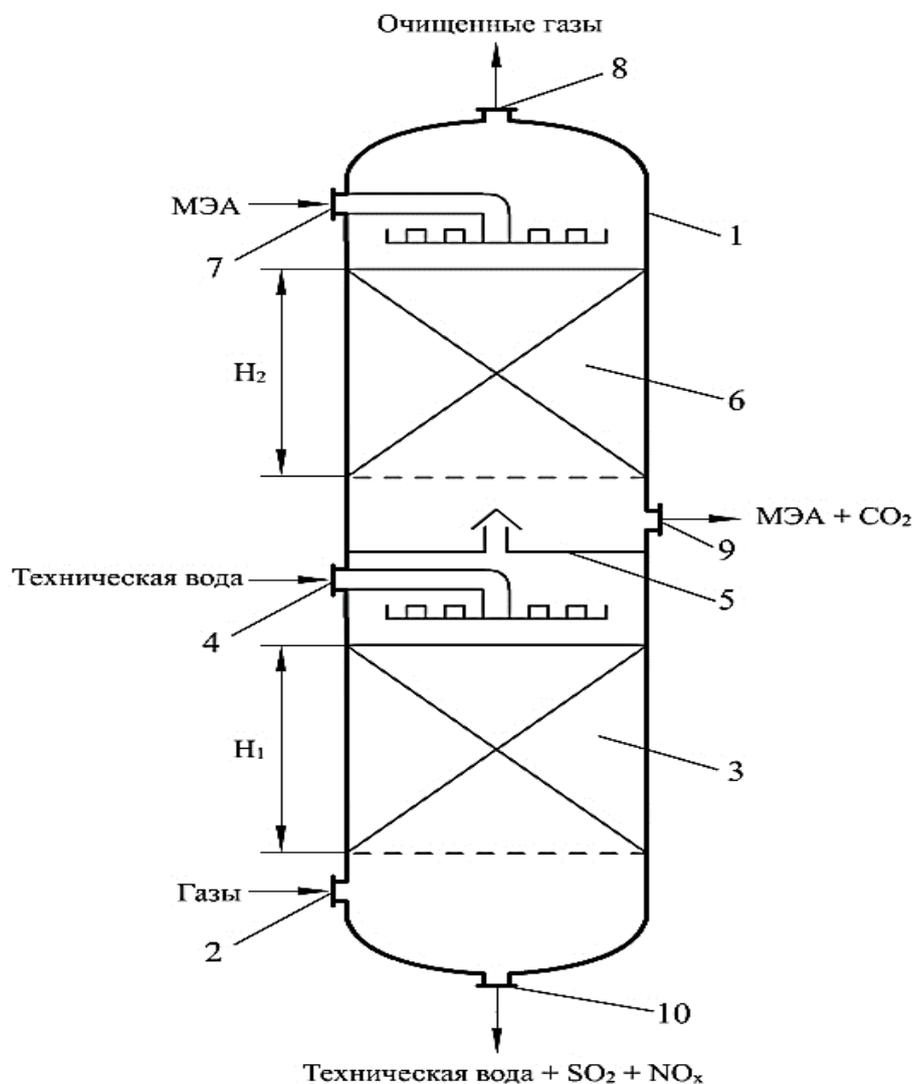


Рисунок 1. Аппарат для комплексной очистки дымовых газов:

1 – абсорбер, 2, 4, 7 – входные патрубки, 8, 9, 10 – выходные патрубки,
3 – секция насадки для улавливания SO_2 и NO_x с высотой H_1 , 6 – секция насадки
для улавливания CO_2 с высотой H_2 , 5 – тарелка.

На рис. 1 показана схема аппарата для комплексной очистки дымовых газов от оксидов азота, серы, углерода. Дымовые газы поступают через патрубок 2 в абсорбер 1 и направляются в секцию насадки 3, где происходит их очистка от оксидов азота и оксидов серы с использованием в качестве поглотителя технической воды, поступающей в патрубок 4 и стекающей вниз по насадочному слою 3. Дымовые газы через тарелку 5 проходят в секцию насадки 6, где происходит их очистка от диоксида углерода, поглощаемого раствором моноэтаноламина, поступающего в абсорбер через патрубок 7. Очищенные дымовые газы уходят из массообменной колонны через патрубок 8. Отработанные абсорбенты моноэтаноламина и техническая вода выходят из аппарата через патрубки 9 и 10.

Абсорбер работает в пленочном режиме при малых скоростях газа, из-за чего отсутствует влияние газового потока на скорость стекания по насадке жидкой пленки, и на количество задерживаемой жидкости в насадке. Очищенные продукты сгорания попадают в каплеуловитель, в котором происходит разделение двухфазного потока, подогреваются в теплообменнике до температуры 80-85 °С и выбрасываются в дымовую трубу [2, с.153].

Отделенный от дымовых газов раствор с рН=3-4 из каплеуловителя через гидрозатвор самотеком сливается в емкость, в которую добавляется 25 %-ная аммиачная вода для снижения коррозии оборудования. В результате в растворе образуется смесь, состоящая из разных солей аммония: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$, NH_4HSO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{HSO}_4$, NH_4HSO_4 , NH_4NO_2 , NH_4NO_3 . Полученный раствор постоянно подается в реактор-окислитель, в котором происходит окисление до сульфатов и нитратов, которые направляется на узел осушки и грануляции удобрений для дальнейшего использования в сельском хозяйстве.

Комплексное сочетание очистки дымовых газов от вредных компонентов, снижение их тепловых выбросов и утилизация большей части тепла и улавливаемых компонентов намного повышает показатели работы теплогенерирующей установки и увеличивают экологическую безопасность тепловых электрических станций [3, с.1].

Список использованной литературы

1. Алферова Т.В., Попова О.М. Экология энергетики: курс лекций. – Гомель, 2008. – 123 с.
2. Зверева Э.Р., Фарахов Т.М. Энергоресурсосберегающие технологии и аппараты ТЭС при работе на мазутах: монография.- М.: Теплотехник, 2012. – 153 с.
3. Ежов. В.С. Разработка комплексного способа очистки газообразных выбросов теплогенерирующих установок: автореф. дис... д-ра техн. наук, 2009.

© Д.М. Латыпова, Л.О. Зверев, Э.Р. Зверева, 2020

АНАЛИЗ ПОПУЛЯРНЫХ СРЕД ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ

студентка гр.541 **Воропанова Мария Андреевна**,
канд. техн. наук, доцент **Ремизова Ирина Викторовна**
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: Произведено сравнение трех популярных сред динамического моделирования систем: SimIn Tech, Scicos и Simulink. Дано краткое описание создания динамической модели системы в среде, признанной максимально удовлетворяющей результатам произведенного анализа. Изложен порядок нахождения оптимальных настроек регулятора для выбранной среды.

Ключевые слова: SimIn Tech, Scicos, Simulink, динамическая среда моделирования, оптимальные настройки регулятора.

ANALYSIS OF POPULAR DYNAMIC SYSTEM MODELING ENVIRONMENTS

Voropanova Mariya Andreevna,
Remizova Irina Viktorovna

Abstract: Three popular dynamic system modeling environments are compared: SimIn Tech, Scicos, and Simulink. A brief description of creating a dynamic model of the system in an environment that is considered to be the most satisfactory to the results of the analysis is given. The procedure for finding the optimal controller settings for the selected environment is described.

Keyword: SimIn Tech, Scicos, Simulink, dynamic modeling environment, optimal controller settings.

Трудно представить современный мир без систем автоматизации. Каждый день создаются все новые системы: как системы автоматического регулирования, так и автоматизированные системы управления. Но как проверить работоспособность и эффективность только созданной системы до ее производства и сборки?

Отладка системы, проверка показателей результативности и оптимальности спроектированной системы возможна, если создать ее модель, которая будет отражать функциональность созданного алгоритма. После проверить качество

полученных переходных процессов на устойчивость и управляемость созданной системы управления.

Для проверки качества работы системы используется большое количество сред моделирования. Например, к ним относятся Simulink (в составе MatLab), Scicos (в составе Scilab), SimIn Tech и др.

SimIn Tech – это динамическая среда моделирования технических систем, предназначенная для расчётной проверки работы разрабатываемой системы управления технологическими процессами [1]. Среда способна детально анализировать процессы. SimIn Tech – это продукт отечественного производства, первая версия появилась в 1994 г. В состав данного продукта входят библиотеки блоков для моделирования теплогидравлики, электроцепей, точечной кинетики нейтронов, баллистики космических аппаратов и т.д.

Инструмент Scicos – это часть пакета прикладных математических программ Scilab [2]. С его помощью пользователь может проводить моделирование и симуляцию динамических систем. Scicos находится на рынке с 1994 года. Библиотеки для моделирования дополнялись и усовершенствовались многократно. Scicos является продуктом французского объединения Scilab Consortium.

Наиболее распространенной является среда Simulink, интегрированная в пакет MatLab компании MathWorks [3]. Это интерактивный инструмент для моделирования, имитации и анализа динамических систем. Эта среда позволяет строить графические блок-диаграммы, имитировать динамические системы, исследовать работоспособность систем управления и совершенствовать проекты по автоматизации производств. Simulink используется достаточно давно, а именно с 1984 года.

В случае, когда разработчики систем автоматизации стоят перед проблемой выбора среды для моделирования разработанной динамической системы, полезным будет произвести сравнение популярных инструментов моделирования. Результаты сравнения представлены в табл.1.

Исходя из таблицы, можно сказать, что каждая из рассмотренных сред имеет свои преимущества и недостатки. Главным преимуществом среды Scilab является открытость, среда распространяется бесплатно без каких-либо условий и ограничений. Если не требуется создавать сложных моделей, то эта среда может являться лучшим вариантом для выбирающего.

Для моделей реальных систем предпочтительней будет использовать среды SimIn Tech и Simulink. Оба продукта имеют по 3 языка генерации кода и нейронные сети. SimIn Tech имеет меньшее количество блоков в библиотеках. Среда является продуктом отечественного производителя. Компания, разработчик SimIn Tech, предлагает сотрудничество российским предприятиям и учреждениям среднего и высшего образования.

Таблица 1. Сравнение сред моделирования

Параметр сравнения	SimIn Tech	Scicos	Simulink
Год выхода на рынок	1994	1994	1984
Платформы	Windows, Linux	Windows, Mac, для старых версий еще: Linux и Unix	Windows, Mac, Linux
Размер	530-550Мб	20-108 Мб	2 Гб
Интерфейс	Открытый интерфейс: Fortran, Pascal, C и др.	Интерфейсы к Fortran, Tcl/Tk, C, C++, Java, LabVIEW	Com, .NET, DDE, Веб-сервисы, последовательный порт, MEX-файлы, DDL
Количество блоков	Более 150	Более 150	Более 200
Язык сгенерированного кода	ANSI C, ST; FIL	C	C, C++, HDL
Нейронные сети	Есть	Нет	Есть
Помощь в обучении от производителя	Справочная литература, техподдержка, инструкции пользователя	Справочная литература, техподдержка, инструкции пользователя	Справочная литература(более 200), видеоуроки, руководство пользователя, блоги, онлайн тренинги, техподдержка
Стоимость	Пробная версия бесплатно (ограничено количество блоков), далее платно	Бесплатно	Платная годовая или бессрочная лицензия. Есть бесплатные лицензии с ограниченным сроком действия для студентов и учебных заведений среднего и высшего образования

В свою очередь, Simulink уже долгие годы является популярной средой динамического моделирования. База библиотек этой среды является самой большой в оцениваемых системах. Недостатком является стоимость и размер пакета. Однако для предприятий и научных сообществ, которым важны точность расчетов, эта среда является наилучшей. В случае использования системы студентами и учреждениями высшего и среднего образования производители Simulink предоставляют возможность бесплатного получения лицензии с ограниченным сроком использования. Стоит добавить, что Simulink прост в изучении, благодаря большому объему обучающих материалов. Кроме того, любому владельцу действующей лицензии команда разработчиков отвечает на все возникающие вопросы.

На основании вышеизложенного, а также с учетом опроса студентов и преподавателей, наиболее популярной в образовательном сообществе признана среда динамического моделирования Simulink.

Основным интерфейсом Simulink является графический инструмент для построения диаграмм и настраиваемый набор библиотек блоков. Основными разделами Simulink являются библиотеки:

1. Continuous – линейные блоки
2. Discrete – дискретные блоки
3. Functions & Tables – функции и таблицы
4. Math – блоки математических операций
5. Nonlinear – нелинейные блоки
6. Signals & Systems – сигналы и системы
7. Sinks – регистрирующие устройства
8. Sources – источники сигналов и воздействий
9. Subsystems – блоки подсистем

Модели в пакете Simulink создаются «перетягиванием» на рабочее поле S-модели визуальных блоков (модулей) из библиотек. Эти блоки соединяются между собой стрелками. S-модель может иметь иерархическую структуру, т. е. состоять из моделей более низкого уровня, причем количество уровней иерархии практически не ограничено. Кроме того, пользователь может создавать и сохранять в библиотеке свои собственные пользовательские блоки.

В процессе моделирования пользователь может наблюдать за процессами, происходящими в системе. Для этого используются специальные блоки "обзорные окна", входящие в состав библиотек Simulink. Такими блоками являются: Scope, Floating Scope, Display, XY Graph, To Workspace и другие.

Ещё одной полезной функцией в Simulink является автоматическое нахождение оптимальных настроек регулятора. Для этого в блоке PID-Controller нужно выбрать желаемый тип регулятора: П-, И-, ПИ-, ПД- или ПИД-регулятор.

Затем требуется нажать кнопку Tune, чтобы программа начала автоматический подбор коэффициентов регулятора.

После нажатия кнопки откроется окно PID Tuner, где можно выбрать настройки регулятора относительно времени или частоты. В режиме настройки по времени можно задать время отклика системы (Response Time) и устойчивость (Transient Behavior). В режиме настройки по частоте, в свою очередь, можно задать полосу пропускания (Bandwidth) и запас по фазе (Phase Margin).

Кроме того, PID Tuner позволяет строить графики переходных процессов. Сплошной линией изображается график переходного процесса с заданными параметрами регулятора, а штриховой линией – графики предыдущих настроек. Это позволяет получить сравнительный анализ работы регулятора.

Сами же коэффициенты регулятора можно видеть в правом нижнем углу окна, или, при нажатии кнопки Show Parameters, в правом верхнем углу.

Если характеристики системы удовлетворяют требованиям, то нажатием Update Block в блок PID Controller запишутся найденные коэффициенты.

Таким образом, было произведено сравнение популярных сред динамического моделирования. Приведены преимущества и недостатки каждой из этих сред и названы их потенциальные пользователи. Рассмотрены основные разделы библиотек и принцип создания модели в среде Simulink, признанной наиболее популярной в образовательной деятельности.

Список использованной литературы

1. SimIn Tech: Справочная система SimIn Tech – О SimIn Tech [Электронный ресурс]. – URL: <http://help.simintech.ru/> (Дата обращения: 06.04.2020 г.).
2. Scicos: Block diagram modeler/simulator [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.scicos.org/> (Дата обращения: 06.04.2020 г.).
3. Simulink: Simulink – моделирование и симуляция динамических систем для Simulink [Электронный ресурс]. – URL: <http://matlab.ru/products/simulink> (Дата обращения: 06.04.2020 г.).

© М.А. Воропанова, И.В. Ремизова, 2020

ИНСТРУМЕНТЫ ПОДДЕРЖКИ И СТИМУЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

студент группы ЭК-61 **Ена Иван Павлович**,
науч. руководитель: канд. экон. наук, доцент **Стародубцева Ольга Анатольевна**
Новосибирский государственный технический университет
г. Новосибирск, Российская Федерация

Аннотация: Стратегической задачей реформирования энергетики является ее устойчивое развитие на базе использования инновационных энергосберегающих технологий. В связи с ростом цен на энергоресурсы и их нерациональное использование необходим пересмотр существующей политики и учета их потребления на целенаправленную энергосберегающую политику государства. В данной статье дается понятие "инновация", выявлены проблемы внедрения инноваций в энергетике, рассмотрен европейский опыт применения инструментария, стимулирующего развитие инновационной деятельности, предложены инструменты поддержки и развития инновационных энергосберегающих технологий.

Ключевые слова: энергоемкость, инновации, инновационная деятельность, инструменты поддержки и развития инновационных энергосберегающих технологий, венчурное финансирование, лизинг.

TOOLS FOR SUPPORTING AND STIMULATING INNOVATIVE ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES

Ena Ivan Pavlovich,
Starodubtseva Olga Anatolievna

Abstract: The Strategic goal of energy reform is its sustainable development based on the use of innovative energy-saving technologies. Due to the increase in energy prices and their irrational use, it is necessary to review the existing policy and take into account their consumption for a targeted energy-saving policy of the state. This article describes the concept of "innovation", identifies the problems of innovation in the energy sector, considers the European experience of using tools that stimulate the development of innovation, and offers tools to support and develop innovative energy-saving technologies.

Keywords: energy Intensity, innovation, innovative activity, tools for supporting and developing innovative energy-saving technologies, venture financing, leasing.

Стратегической задачей реформирования стал перевод электроэнергетики в режим устойчивого развития с использованием инновационных передовых технологий. Возрастающая стоимость энергоресурсов, их расточительное расходование (традиционное для России) приводят к осознанию необходимости кардинального изменения политики и учета их потребления. Для обеспечения качества услуг в области электроэнергетики и ЖКХ, снижения издержек, связанных с оплатой таких услуг, а также с целью уменьшения потерь ресурсов - воды, тепловой и электрической энергии, газа, необходимо внедрение энергосберегающих технологий, интенсивная реализация организационных и технологических мер экономии топлива и энергии, т.е. проведение целенаправленной энергосберегающей политики государства. Надежное и безопасное энергоснабжение по разумным ценам является одним из основных условий для конкурентоспособной экономики любой стране в мире.

В настоящее время в энергетической сфере наблюдается значительный износ производственных мощностей. В связи с этим встает вопрос о замене физически и морально изношенного оборудования на новое, более совершенное и экономичное.

Одним из основных направлений инновационной деятельности в России является внедрение инноваций в сфере энергосбережения. Определение данной деятельности в качестве одного из наиболее важных направлений государственной политики закреплено в Указе Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» [1]. В этой связи следует отметить, что направление «Энергетика и энергосбережение» входит в число приоритетных для страны направлений развития науки, а направление «Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепла и электроэнергии» являются критическими в соответствии с перечнями приоритетных и критических технологий, определенных Президентом РФ [2, 3].

Причинами можно назвать высокую энергоемкость ВВП России по сравнению с другими странами и большой долей энергоемких производств в экономике страны. Решение данной проблемы возможно благодаря внедрению инновационных технологий с целью повышения энергоэффективности российской экономики.

Согласно международным стандартам под инновацией понимается конечный результат инновационной деятельности, получивший воплощение в виде нового или усовершенствованного продукта, внедренного на рынок, либо в виде нового (усовершенствованного) технологического процесса, использованного в практической деятельности, или в виде нового подхода к социальным услугам.

Очень важным инструментом поддержки и развития инновационных энергосберегающих технологий является нормативно-правовое регулирование инноваций и научно-технической деятельности.

Рассмотрим опыт стран Евросоюза в области существующих там инструментов, направленных на стимулирование инновационной деятельности [4]:

- «налоговые каникулы» в отношении прибыли, полученной от реализации инновационных проектов;
- низкие ставки налога на прибыль, полученную в ходе использования нематериальных активов, составляющих предмет интеллектуальной собственности;
- возможность сокращения налогооблагаемой прибыли на величину стоимости материалов и оборудования, передаваемых вузам, НИИ и другим инновационным организациям;
- сниженные ставки налогов на дивиденды учредителей наукоемких компаний;
- зависимость получения льгот от приоритетности инновационных проектов;
- возможность зачисления части прибыли инновационных компаний на специально созданные счета и последующее льготное налогообложение при условии использования средств на развитие инноваций.

В Российской Федерации тоже используются инструменты поддержки и стимулирования инновационных энергосберегающих технологий, представленные на рисунке 1.



Рис. 1. Классификация инструментов поддержки и стимулирования

Развитие венчурного финансирования, использование лизинга и льготное кредитование способствуют инновационной деятельности в области энергосбережения и развития малого научно-технического и инновационного предпринимательства.

В топливно-энергетическом комплексе созданию фонда инноваций могла бы способствовать система обязательных отчислений части прибыли от экспорта нефти, нефтепродуктов, газа и минерального сырья.

В этой связи необходимо обратить внимание на разработку механизма коммерциализации научно-технических новшеств, т.к. лишь 6-8 % научных исследований доходят до этой стадии. Должна быть разработана действенная методика отбора инновационных проектов, позволяющая не только отобрать наиболее значимые инновационные продукты, но и подобрать механизм их вывода на рынок. В качестве критериев отбора инновационных энергосберегающих технологий могут быть рассмотрены: надежность и экономичность работы оборудования, экономия расхода топлива, снижение вредных выбросов в окружающую среду, срок окупаемости.

Не менее важным является внедрение новых инновационных технологий, разработанных российскими учеными, а не использования зарубежных технологий энергосбережения, при которых Россия будет выступать лишь в роли потребителя.

Список использованной литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» (Указ № 889 от 4 июня 2008).
2. Приказ Президента РФ "Перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации" (Пр.№843 от 14.04.2020).
3. Приказ Президента РФ "Перечень критических технологий" (Пр. № 842 от 14.04.2020).
4. Теляшова В.Ш. Инструменты поддержки стимулирования инноваций в сфере энергосбережения [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/instrumenty-podderzhki-i-stimulirovanie-innovatsiy-v-sfere-energoberezeniya/viewer> (Дата обращения: 14.04.2020).

© И.П. Ена, О.А. Стародубцева, 2020

ДИАГНОСТИКА И МОНИТОРИНГ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

канд. техн. наук, доцент **Верхоланцев Александр Александрович**,
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
специалист по автоматизации **Войтюк Сергей Евгеньевич**
ЗАО НПП «СИСТЕМА»
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: Силовые трансформаторы (СТ) являются связующим звеном между силовой сетью 6-30кВ и потребителем 0,4кВ. В настоящее время как за рубежом, так и в РФ существует несколько методов оценки состояния СТ, но они предполагают вывод СТ из работы. Предлагаемый метод интегрированной оценки показаний установленных приборов - оптоволоконных систем прямого измерения (ОВСПИ): температуры, давления, смещения и вибрации, встроенные непосредственно в обмотку, что позволяет оценить состояние СТ в рабочем режиме.

Ключевые слова: техническое состояние, частичные разряды, диэлектрик, электрический пробой, старение диэлектриков, датчик, оптоволокно.

POWER TRANSFORMERS DIAGNOSTICS AND MONITORING

**Aleksandr Aleksandrovich,
Voituk Sergey Evgenievich**

Abstract: Power transformers (PT) are the connecting elements between the 6-30kW power network and the 0,4kW user. Now days in Russia and abroad there are several methods of evaluation of power transformer condition. But all of them assume to lay-up the power transformer. The proposed method of integrated evaluation of index of installed devices – optical fiber direct evaluation system (OFDES): temperature, pressure, displacement and vibration which are imbedded exactly in reeling – allows to evaluate the power transformer condition in operating mode.

Keywords: technical condition, fractional discharges, dielectric, electric breakdown, dielectric wear, sensor, optical fiber.

Мониторинг и диагностика силовых трансформаторов

Напряженные графики работы электрических сетей и отсутствие достаточных резервов приводят к необходимости увеличения межремонтных периодов, что при существующей системе технического обслуживания ведет к снижению уровня надежности основного оборудования.

Большие резервы повышения эффективности эксплуатации оборудования высокого напряжения заключены в переходе на обслуживание *по техническому состоянию*.

Переход к обслуживанию оборудования по техническому состоянию невозможен без использования надежных методов выявления и оценки его текущего состояния. Это и определяет необходимость развития системы технической диагностики.

В настоящее время угрожающими темпами растет износ производственных основных фондов практически на всех промышленных предприятиях. Доля электрооборудования (ЭО), выработавшего свой ресурс, составляет от 30% и более, а для силовых трансформаторов доходит до 70%.

Силовые трансформаторы – самые дорогие и ответственные элементы электрооборудования в устройстве распределения питания.

Существуют в настоящее время методы диагностирования магнитных систем силовых трансформаторов, однако они трудоемки и обладают низкой точностью. Признаком повреждения магнитной системы является повышение тока и потерь холостого хода. Характер повреждения связан, как правило, с повреждением изоляции между листами стали магнитопровода и повреждением изоляции стяжных болтов.

В настоящее время для диагностирования силовых трансформаторов разработан широкий спектр различных методов, каждый из которых с определенной степенью достоверности выявляет некоторые виды дефектов.

Однако ни один из существующих методов диагностирования не дает исчерпывающих сведений о состоянии оборудования. Только комплексный анализ всех характеристик может дать необходимую информацию.

Задачами технического диагностирования являются:

- контроль технического состояния;
- поиск места и причин отказа (неисправности);
- прогнозирование технического состояния.

При этом исследования, проведенные как в Российской Федерации, так и за рубежом показывают, что измерение сигналов от частичных разрядов (ЧР) является одним из наиболее перспективных методов контроля состояния высоковольтной изоляции, который необходимо как можно шире внедрять в практику [1, с. 13].

Для выбора метода контроля состояния высоковольтной изоляции необходимо оценить электрические свойства диэлектриков.

Как правило, полимеры являются диэлектриками, по многим параметрам лучшими в современной технике. Величина удельного объемного сопротивления ρ_v зависит не только от строения, но и от содержания ионизирующихся примесей, которые чаще всего вводятся в смолу вместе с отвердителями, модификаторами и т.д. Подвижность этих ионов и концентрация резко

увеличиваются с повышением температуры, что приводит к падению удельного сопротивления.

Диэлектрическая проницаемость более или менее резко зависит от двух основных внешних факторов: *температуры и частоты* приложенного напряжения. В неполярных полимерах она лишь слабо уменьшается с ростом температуры вследствие теплового расширения и уменьшения числа частиц в единице объема. В полярных полимерах диэлектрическая проницаемость сначала растет, а затем падает, причем максимум обычно приходится на температуру, при которой материал размягчается, т. е. лежит вне пределов рабочих режимов.

В [2, с.12] определены условия термического износа изоляции.

Кроме всех других воздействий, которыми можно было бы пренебречь, изоляция подвергается *термохимическому износу*. Этот процесс является кумулятивным и приводит к недопустимому ее состоянию по некоторым критериям. Согласно *закону Аррениуса*, период времени до достижения этого состояния в зависимости от скорости химической реакции выражается формулой

$$\text{Срок службы} = e^{(\alpha + \beta/T)}, \quad (1)$$

где α и β – постоянные; T – абсолютная температура.

Для ограничения диапазона температуры можно пользоваться более простым экспоненциальным *отношением Монтсингер*

$$\text{Срок службы} = e^{-\rho\theta} \quad (2)$$

где ρ – постоянная; θ – температура, °С.

При определении его значения учитывают тот факт, что *скорость износа удваивается* при каждом изменении температуры приблизительно на 6°С; такое значение принято в настоящем стандарте [2, с. 12].

Считается общепризнанным, что старение органической изоляции в переменном электрическом поле обусловлено разрядами в газовых прослойках изоляции. Процесс возникновения и развития ЧР существенно зависит от типа примененного диэлектрика и от конструктивных особенностей изоляции объекта. Органическая изоляция всех видов (бумага, масло, пластики) интенсивно разрушается как самими ЧР, так и побочными продуктами их действия. В конечном итоге воздействие ЧР приводит к развитию дефекта и пробоем (перекрытию) всей изоляции.

Таким образом, основными причинами старения изоляции являются: рабочая температура изоляции и возникающие в переменном электрическом поле ЧР. На работающем СТ температура обмоток может быть измерена тепловизором, которые как правило переносны, т.е. мониторинг СТ по температуре в настоящее время технически невыполним. Одним из прогрессивных методов диагностики является метод измерения ЧР, позволяющий не только определить уровень частичных разрядов в кабельной линии или СТ, но и определить их местонахождение.

Метод испытаний повышенным напряжением, который отрицательно влияет на изоляцию и снижает срок эксплуатации СТ, предусматривает вывод СТ из работы.

Компьютерный метод измерения частичных разрядов. Для измерений необходимо вывести трансформатор из работы для установки прибора. Сущность метода измерения частичных разрядов заключается в следующем. В момент появления частичного разряда в кабельной линии возникает два коротких импульсных сигнала, длительности которых десятки-сотни наносекунд. Эти импульсы распространяются к разным концам кабельной линии, обмотки СТ. Измеряя импульсы, достигшие начала кабеля, обмотки СТ, можно определить расстояние до места их возникновения и уровень.

Измерение сигналов от частичных разрядов (ЧР) является одним из наиболее перспективных методов контроля состояния высоковольтной изоляции, который необходимо как можно шире внедрять в практику. На работающем СТ измерение ЧР технически возможно, но существующие методы дороги и не обладают достаточной точностью измерений.

Излучение, вызванное импульсами тока ЧР или индуцированные ими токи, может быть обнаружено соответствующим приемником в широкой области частот, а также акустические методы обнаружения импульсов давления, вызванных разрядами.

Эксплуатационный контроль оборудования является системой определения его технического состояния. На основании полученных при контроле данных принимается решение о допустимости дальнейшей эксплуатации оборудования или о необходимости и объеме ремонта. Система эксплуатационного контроля должна обеспечить выявление и идентификацию дефектов (собственно диагностирование), а также прогнозирование их развития.

В наибольшей степени перечисленным требованиям соответствует контроль по прогнозирующему параметру. Предполагается, что имеется наблюдаемый параметр объекта, который прогнозирует его отказ, т. е. между вероятностью наступления отказа в определенном интервале времени после момента контроля и значением параметра имеется стохастическая связь. Достоверность прогнозирования зависит от того, насколько тесна эта связь.

Соответственно построена система контроля: с жестко регламентированным объемом и периодичностью испытаний и узкими допусками на изменение значений параметров. Кроме того, традиционная система контроля не включает в себя ряд новых методов диагностики, позволяющих обнаружить дефекты, ранее не выявляемые.

Переход к новой стратегии технического обслуживания оборудования - по его состоянию - требует значительного повышения эффективности контроля. На систему диагностики при этом возлагается еще одна задача - определение необходимости отключения объекта. Следовательно, современная система

диагностики должна в первую очередь быть системой раннего выявления развивающихся дефектов.

Контроль оборудования без отключения. Большинство методов контроля оборудования без вывода его из работы под напряжением развито сравнительно недавно. Не все они широко применяются в системе диагностики, хотя уже ясно, что использование таких методов существенно повышает эффективность контроля и открывает возможность его автоматизации.

Снижение трудоемкости контроля обеспечивается применением стационарных схем измерений и отсутствием необходимости в подготовке объекта к испытаниям. Улучшение условий труда определяется снижением объема работ, проводимых в зоне высокого напряжения на месте установки оборудования, а также безопасностью стационарных измерительных систем.

Автоматизация измерений и анализов обеспечивает не только снижение объема работ персонала и возможность непрерывного контроля. Принципиальным отличием такой системы контроля является возможность передачи соответствующему устройству значительной части функций собственно диагностики, т. е. функций идентификации дефектов и оценки технического состояния объекта. Такими возможностями обладают диагностические системы на базе ЭВМ.

Возможны два способа организации контроля оборудования под напряжением:

- *Ранняя диагностика*, т. е. выявление признаков ухудшения технического состояния, вызывающих изменения значений контролируемых параметров.

- *Сигнализация предельных состояний*, т.е. выявление признаков ухудшения технического состояния, являющихся опасными с точки зрения надежности оборудования.

Ошибки контроля. Целью контроля в общем случае является определение технического состояния объекта и прогноз его изменения, а также выявление дефектов и определение их характера. В результате должна быть установлена возможность дальнейшей эксплуатации объекта или необходимость его ремонта (восстановления).

Ошибки контроля связаны с достоверностью метода диагностики и ошибками испытаний (измерений).

Применяемые методы диагностики не обеспечивают полной достоверности оценки состояния объекта. Результаты измерений включают в себя ошибки, определяемые погрешностями приборов и влиянием помех. Поэтому всегда существует вероятность получения ложного результата контроля:

Авторами предлагается новый метод мониторинга СТ, суть метода заключается в сравнении интегрированной оценки показаний штатно установленных приборов регистрации пяти типов: датчиков температуры, датчика давления, датчика смещения, датчика вибрации, датчика магнитного поля с интегрированной оценкой, определенной по паспортным данным.

Описание предлагаемых к установке приборов

Так как термические нагрузки трансформатора определяют срок его службы, то температура является важным эксплуатационным параметром, требующим постоянного контроля и анализа.

В металлических элементах конструкций потери энергии связаны с протеканием вихревых токов. В изоляции имеются диэлектрические потери.

Возникновение дефектов в указанных элементах приводит к увеличению потерь энергии. Выделившееся тепло частично отводится, а оставшаяся часть вызывает изменение теплового состояния объекта, его нагрев. Одним из проявлений этого является изменение распределения температур на поверхности соответствующего узла объекта. Это и используется для диагностирования силового трансформатора.

Для постоянного контроля над температурой обмоток трансформатора (мониторинга) возможно применение оптоволоконных систем прямого измерения температуры с датчиками, встроенными непосредственно в обмотку.

Волоконно-оптический датчик температуры

В настоящее время к промышленному внедрению получили в основном два типа волоконно-оптических (ВО) датчиков:

- волоконно-оптические датчики на брегговских решетках;
- волоконно-оптические датчики использующие в своей работе свойство поглощения или пропускания.

При увеличении температуры пропускаемый спектр полупроводника сдвигается в сторону волн большей длины. Этот скачок называется «сдвигом поглощения», а соотношение между длинами волны, на которой происходит сдвиг поглощения, – предсказуемой температурой

Исходя из этого, можно узнавать температуру полупроводника, имея информацию о его сдвиге поглощения в настоящий момент. Важно отметить, что данное явление не зависит от яркости света, а только от длины волны.

Волоконно-оптический датчик вибрации.

Функционирование сенсора основано на принципах интерферометрии.

Излучение лазерного диода из центрального блока при помощи оптического волокна доставляется к контролируемому объекту. Волоконно-оптический наконечник, представляющий собой торец волокна расположенный в фокусе коллимирующей линзы, крепится неподвижно относительно вибрирующей поверхности. Свет после выхода из волокна коллимируется при помощи линзы и направляется на отражатель, прикрепленный к объекту. Лучи света, отраженные от отражателя и торца волокна, интерферируют. Результат интерференции регистрируется в центральном блоке.

Чувствительный отрезок волокна приклеивается к вибрирующему объекту. При вибрации в результате ускорения к волокну прикладывается микросила, которая может регулироваться, если на волокно наложить некую массу.

Эта сила модулирует показатель преломления волокна, что изменяет разность оптического пути интерферирующих пучков света. Первый пучок формируется в результате отражения от полупрозрачного покрытия, второй от зеркального конца отрезка. В центральном блоке результат интерференции анализируется. Ширина спектра интерференционного сигнала прямо пропорциональна амплитуде вибрации.

Центральный прибор

Вся информация от волоконно-оптических датчиков (температуры, давления, смещения и вибрации) поступает в центральный прибор, функциональная схема которого представлена на рисунке 1. В центральном приборе производится преобразование оптических сигналов в электрические. Выходными функциями прибора являются цифровые сигналы с датчиков, преобразованные в один из видов протокола RS-232, RS-485, MODBUS.

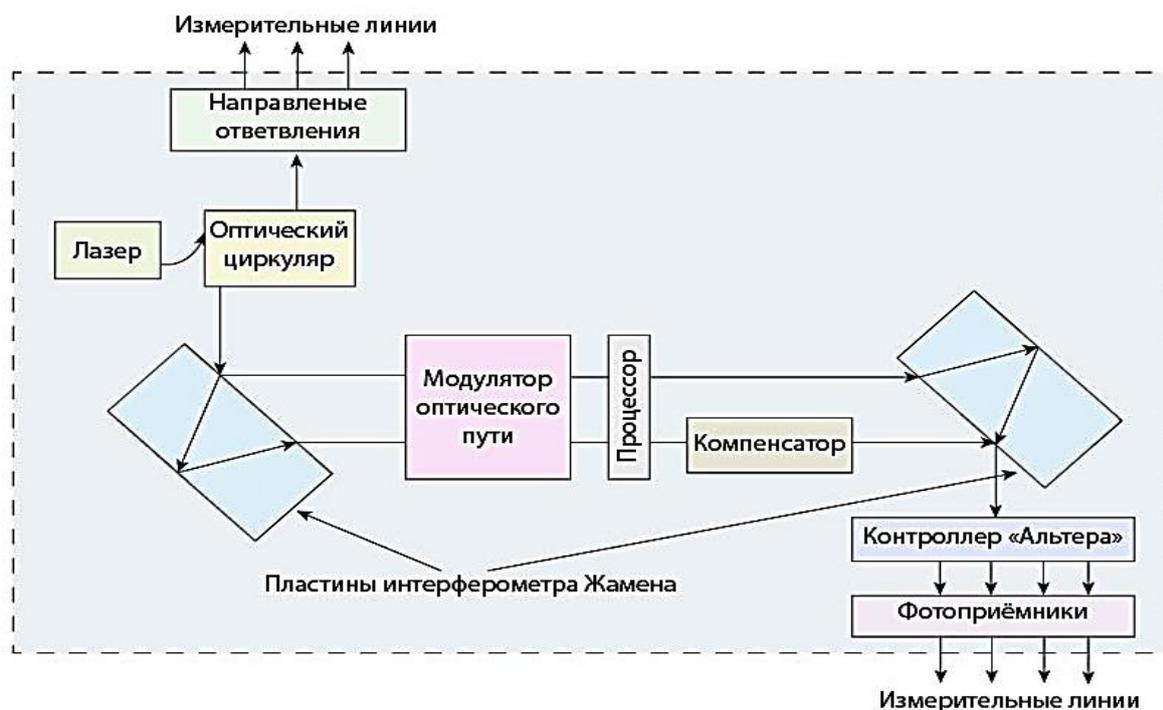


Рисунок 1. Функциональная схема центрального прибора

Список использованной литературы

1. Электрооборудование и электроустановки. Методы измерения характеристик частичных разрядов. ГОСТ 20074-83.
2. Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов. ГОСТ 14209 – 97.
3. Электрооборудование и электроустановки. Метод измерения характеристик частичных разрядов. ГОСТ 20074-83.- М.: Изд-во стандартов, 1983.
4. Kuhl M. Report on properties of SIR composite insulators after longterm exposure in service. Stockholm Power Tech. Conference, 1995, Pap. SPT IS 12-4.

© А.А. Верхованцев, С.Е. Войтюк, 2020

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛОПАТОЧНОГО АППАРАТА ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА ГТУ

студент **Зубков Илья Сергеевич**,
науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент **Блинов Виталий Леонидович**
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ)
г. Екатеринбург, Российская Федерация

Аннотация: В текущей работе представлен алгоритм построения лопаточного профиля на основе его ключевых геометрических параметров для оценки влияния отклонений формы от расчетной на характеристики ступени или осевого компрессора в целом. В рамках данной работы был выполнен анализ основных геометрических отклонений формы профиля и их наиболее вероятное влияние на характеристики турбомашин и составлено математическое описание профиля.

Ключевые слова: осевой компрессор, лопаточный профиль, математическое описание, характеристики работы.

THE DEVELOPMENT OF THE MATHEMATICAL MODEL OF AN AXIAL COMPRESSOR'S AIRFOIL AS AN ELEMENT OF GAS-PUMP UNIT

Zubkov Ilya Sergeevich,
Blinov Vitaly Leonidovich

Abstract: The study presents the creation algorithm of an axial compressor's airfoil based on the main geometrical parameters of it. The main goal of the study is analysis of how form deviations influence the stage or to the whole compressor's performance characteristics. During the study the main form deviations and its most likely impact to turbomachine's characteristics were analyzed and the mathematical description was developed.

Keywords: axial compressor, airfoil, mathematical description, performance characteristics

На сегодняшний день наблюдается тенденция к увеличению доли газотурбинных технологий – газотурбинные двигатели широко применяются как на транспорте (авиация и морской транспорт), так и в различных отраслях промышленности (химическая и нефтегазовая). Ко всему прочему, газовые турбины все более часто находят применение и в энергетике, что проявляется в использовании газотурбинных установок (ГТУ) в комбинированном парогазовом

цикле на тепловых электростанциях. Так, в составе парогазовых установок более половины полезной мощности вырабатывается в газотурбинной части блока, при этом параметры его работы оказывают значительное влияние на надежную и эффективную работу паросилового блока.

Эффективность работы газотурбинных установок (ГТУ) и авиадвигателей обусловлена техническим состоянием отдельных их узлов и деталей, которое в процессе эксплуатации может существенно меняться. Оно же и определяет предельный ресурс установок [1, 2].

Одним из наиболее сложных и важных узлов ГТУ является осевой компрессор (ОК). Потребляемая им мощность превышает половину мощности, вырабатываемой турбиной и зависит от отношения давлений в цикле, КПД турбомашин, температур газа перед турбиной и воздуха перед компрессором. Большая величина мощности, потребляемой ОК, определяет важность достижения и поддержания в эксплуатации высокого КПД ОК и достаточного запаса газодинамической устойчивости, которые, в первую очередь, зависят от совершенства лопаточного аппарата [3]. В связи с этим вводятся особые условия изготовления и ремонта лопаток, регламентирующие предельно допустимое отклонение размеров при изготовлении лопаток ОК и др. турбомашин [4, 5]. Значительное изменение ключевых геометрических параметров относительно их номинального или допустимого значения может привести к различным нарушениям в работе турбомашин. Так, утонение входной кромки (иными словами уменьшение ее радиуса) приведет к существенному снижению запаса устойчивой работы ОК на переменных режимах работы, а также к снижению прочностных характеристик лопатки. Однако у данного дефекта есть относительно положительная сторона – при утонении входной кромки будет наблюдаться снижение уровня кромочных потерь, что благоприятно скажется на КПД ступени при работе на номинальном режиме [2, 3]. Другим примером может являться уменьшение максимальной толщины профиля. Негативное влияние данного фактора заключается в нарушении формы межлопаточного канала, что приводит к изменению параметров потока вблизи профиля и может способствовать образованию локальных срывов, а также в некоторых случаях к ухудшению прочностных и динамических характеристик рассматриваемой лопатки. С другой стороны, может наблюдаться снижение уровня потерь трения за счет уменьшения площади поверхности трения. Такие противоречивые по оказываемому влиянию на эффективность работы ОК отклонения могут быть связаны практически со всеми геометрическими параметрами профиля, поэтому оценка и анализ такого влияния является важной и перспективной задачей. Особое внимание стоит уделять режиму работы ступени, поскольку именно он будет являться фактором, определяющим характер влияния дефекта на основные параметры работы ОК [3, 6].

С целью численной оценки влияния различных геометрических отклонений на характеристики ступени или ОК в целом было разработано математическое описание профиля лопатки [7], основанное на ключевых геометрических параметрах (рисунках 1 и 3), таких как угол установки профиля (β_y), хорда профиля (b), радиусы входной и выходной кромки ($R_{вх}; R_{вых}$) и углы их заострения ($\varphi_1; \varphi_2$), входной и выходной лопаточные углы ($\beta_{1л}, \beta_{2л}$). Такой подход позволяет достаточно точно построить исходный лопаточный профиль с целью дальнейшего изменения его геометрической формы.

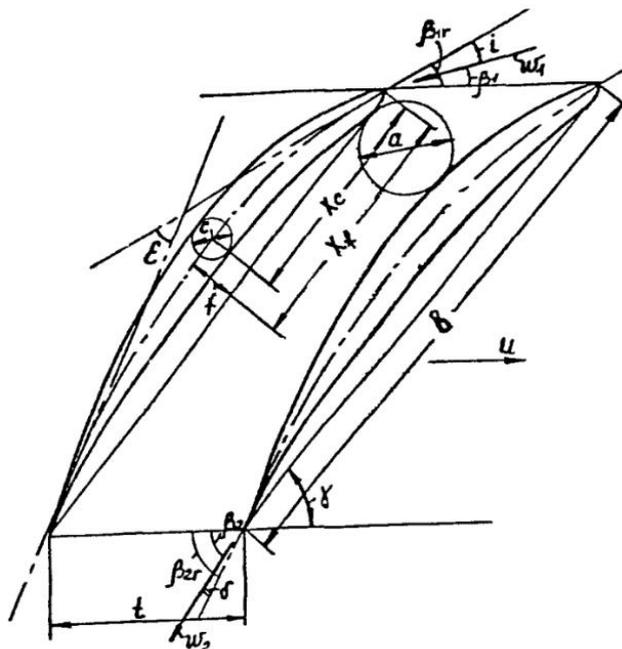


Рисунок 1. Геометрические параметры решетки профилей [3]

Для описания спинки (стороны разрежения) и корытца (стороны давления) профиля использовались кривые Безье третьего порядка (рисунок 2), описываемые следующими зависимостями:

$$\begin{cases} X_{ss} = (1-t)^3 X_{ss}^{B0} + 3t(1-t)^2 X_{ss}^{B1} + 3t^2(1-t) X_{ss}^{B2} + t^3 X_{ss}^{B3} \\ Y_{ss} = (1-t)^3 Y_{ss}^{B0} + 3t(1-t)^2 Y_{ss}^{B1} + 3t^2(1-t) Y_{ss}^{B2} + t^3 Y_{ss}^{B3} \\ X_{ps} = (1-t)^3 X_{ps}^{B0} + 3t(1-t)^2 X_{ps}^{B1} + 3t^2(1-t) X_{ps}^{B2} + t^3 X_{ps}^{B3} \\ Y_{ps} = (1-t)^3 Y_{ps}^{B0} + 3t(1-t)^2 Y_{ps}^{B1} + 3t^2(1-t) Y_{ps}^{B2} + t^3 Y_{ps}^{B3} \end{cases} \quad (1)$$

где t – параметр, определяющий положение точки на кривой Безье и изменяющийся в пределах от 0 до 1. В рамках данной работы шаг изменения параметра t равен 0,01, что позволяет рассчитать координаты 100 точек на спинке и корытце. При этом координаты управляющих вершин спинки – $B_0^{ss}, B_1^{ss}, B_2^{ss}, B_3^{ss}$; и корытца – $B_0^{ps}, B_1^{ps}, B_2^{ps}, B_3^{ps}$ определяются в предложенном алгоритме на основе указанных выше геометрических параметров.

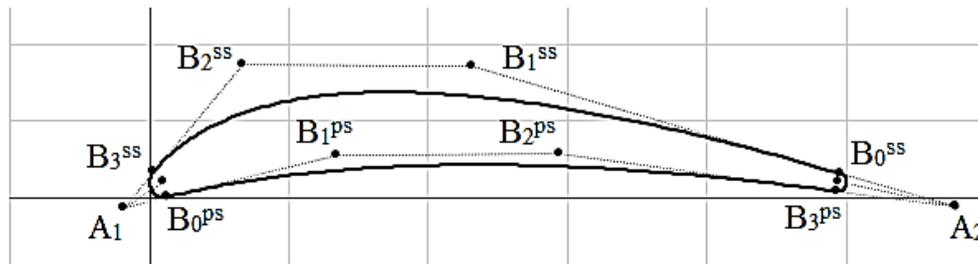


Рисунок 2. Построение профиля при помощи кривых Безье

В текущей работе принято, что наименьшее расстояние между координатами центров дуг окружностей входной и выходной кромок равно хорде за вычетом радиусов данных окружностей. Причем сами входные кромки могут быть описаны как дугой окружности (рисунок 3), так и при помощи кривых Безье:

$$\begin{cases} X_{\text{BX}} = (1-t)^2 X_{\text{SS}}^{B3} + 2t(1-t) X_{A1} + t^2 X_{\text{ps}}^{B0} \\ Y_{\text{BX}} = (1-t)^2 Y_{\text{SS}}^{B3} + 2t(1-t) Y_{A1} + t^2 Y_{\text{ps}}^{B0} \\ X_{\text{ВЫХ}} = (1-t)^2 X_{\text{SS}}^{B0} + 2t(1-t) X_{A2} + t^2 X_{\text{ps}}^{B3} \\ Y_{\text{ВЫХ}} = (1-t)^2 Y_{\text{SS}}^{B0} + 2t(1-t) Y_{A2} + t^2 Y_{\text{ps}}^{B3} \end{cases} \quad (2)$$

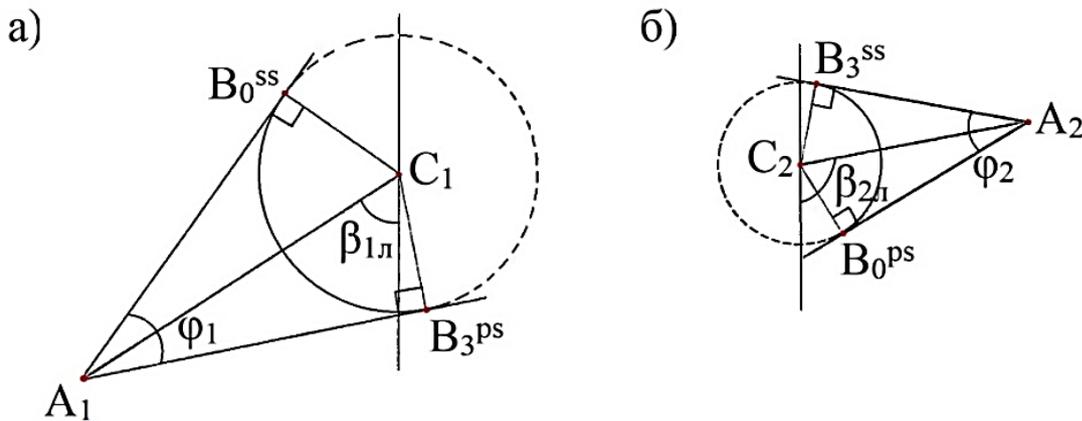


Рисунок 3. Входная (а) и выходная (б) кромки

Важным элементом лопаточного профиля является его максимальная толщина и распределение диаметров, вписанных в профиль окружностей. Для определения диаметров данных окружностей используется приближенный алгоритм – рассчитываются длины отрезков, соединяющих точки спинки с точками корытца. Отрезки с минимальными длинами, каждый из которых соответствует определенной точке на корытце или спинке профиля, будут равняться диаметрам вписанных в него окружностей, проходящих через данные точки [6, 7]. Диаметр вписанной окружности, проходящей через точку i на спинке или корытце профиля:

$$C_i = \min \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{(X_i^{ss} - X_i^{ps})^2 + (Y_i^{ss} - Y_i^{ps})^2} \\ \sqrt{(X_{i-1}^{ss} - X_i^{ps})^2 + (Y_{i-1}^{ss} - Y_i^{ps})^2} \\ \sqrt{(X_{i+1}^{ss} - X_i^{ps})^2 + (Y_{i+1}^{ss} - Y_i^{ps})^2} \\ \sqrt{(X_i^{ss} - X_{i-1}^{ps})^2 + (Y_i^{ss} - Y_{i-1}^{ps})^2} \\ \sqrt{(X_i^{ss} - X_{i+1}^{ps})^2 + (Y_i^{ss} - Y_{i+1}^{ps})^2} \end{array} \right. \quad (3)$$

На рисунке 4 приведен упрощенный пример определения диаметра вписанной в профиль окружности, проходящей через i -ю точку. Спинка и корытце профиля построены по трем точкам, красным цветом выделены отрезки, длины которых необходимо определить.

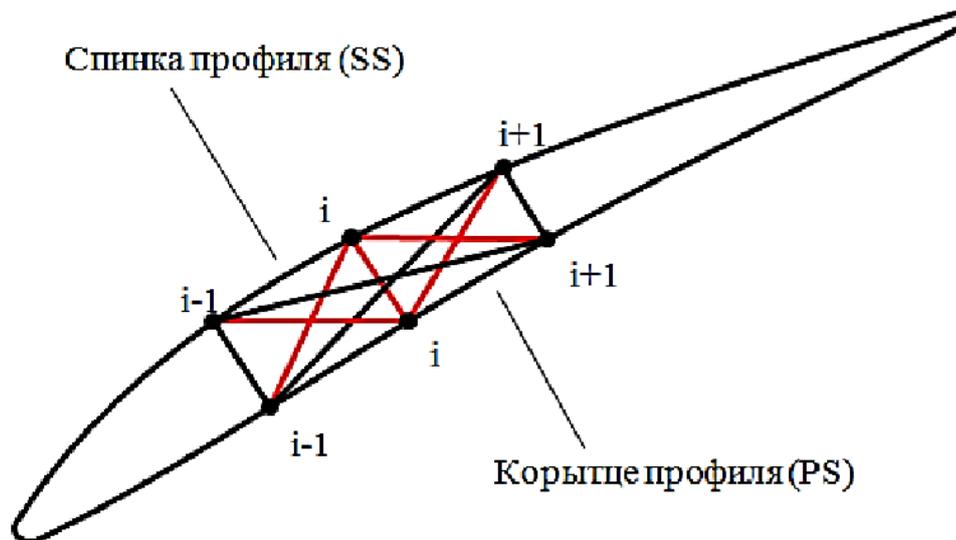
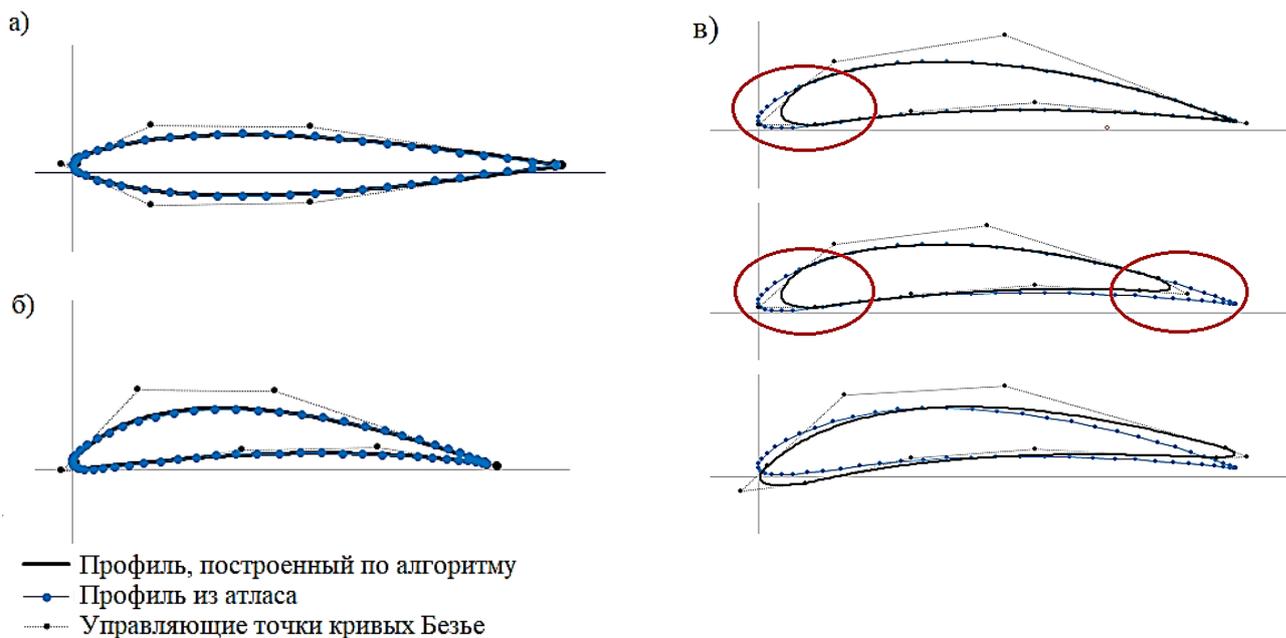


Рисунок 4. Определение диаметра вписанной в профиль окружности [6]

При помощи разработанного алгоритма построения возможно получить описание достаточно широкого спектра лопаточных профилей в виде набора точек с координатами. В качестве проверки разработанного описания были построены профили NASA 63-015A и NASA 6409 [8, 9] (рисунок 5).



*Рисунок 5. Профили NACA 63 (а) и NACA 64 (б);
 внесение изменений в геометрию профиля (в)*

На рисунке 5в представлено внесение отклонений в геометрию профиля за счет изменения положения управляющих вершин кривых Безье, исходные координаты которых были найдены в алгоритме на основе геометрических параметров профиля. Таким способом возможно изменение любых геометрических параметров, например, конфигурации входной кромки (верхнее изображение), длины хорды и конфигурации входной и выходной кромок (среднее изображение), угла установки профиля (нижнее изображение) и др.

Разработка данного алгоритма построения лопаточных профилей являлась первым этапом работы по созданию комплекса, позволяющего проводить оценку влияния геометрических отклонений формы профиля от номинальных на характеристики работы ступени, осевого компрессора и ГТУ в целом. Следующий этап заключается в проведении численных экспериментов при помощи компьютерного моделирования процессов течения потока рабочего тела в ступени. Начальным шагом данного этапа будет являться создание трехмерной геометрии и расчетной модели конкретной ступени с известными характеристиками. Затем последует проведение серии апробационных и верификационных расчетов с целью подтверждения правильности построенной трехмерной модели и выбранных параметров расчетной модели, после чего будет производиться внесение изменений в геометрию ступени на основании данных по наиболее часто встречающимся отклонениям и оценка их влияния на характеристики работы ступени. В дальнейшем полученные результаты будут собраны в более крупный комплекс, предназначенный для оценки влияния геометрии не только на параметры ступени, но и на характеристики работы ОК и ГТУ в целом. Такая система позволит проводить оценку технического состояния

ОК и ГТУ, прогнозировать изменение параметров их работы на основании данных о технологических и эксплуатационных отклонениях формы лопаток.

Список использованной литературы

1. Рафиков Л.Г., Иванов В.А. Эксплуатация газокompрессорного оборудования компрессорных станций. – М.: Недра, 1992. – 237 с.
2. Годовский Д.А. Дефекты элементов газотурбинных установок// Нефтегазовое дело, 2006. Т. 4. №1. – С. 201-206.
3. Ревзин Б.С. Осевые компрессоры газотурбинных газоперекачивающих агрегатов: учебное пособие - 2-е изд., стер. - Екатеринбург: УГТУ, 2000. – 90 с.
4. РД 24.260.10-87. Методические указания. Выбор конструкции, предельных отклонений размеров и параметров шероховатости основных конструктивных элементов лопаток осевых турбомашин при проектировании. Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова (НПО ЦКТИ). –Л., 1988.
5. ОСТ 1 02571-86. Лопатки компрессоров и турбин. Предельные отклонения размеров, формы и расположения пера: утвержден и введен в действие Распоряжением Министерства от 13.06.1986 №298-06: дата введения 01.01.1987.
6. Блинов В.Л., Бродов Ю.М. Разработка принципов параметрического профилирования плоских решеток осевых компрессоров ГТУ на основании результатов многокритериальной оптимизации. - Екатеринбург: ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», 2015. - 168 с.
7. Блинов В.Л., Бродов Ю.М., Седунин В.А., Комаров О.М. Параметрическое профилирование плоских компрессорных решеток при решении задач многокритериальной оптимизации // Проблемы энергетики, 2015. №3-4.- С. 86-95.
8. NASA Advanced Aeronautics Design Solar Powered Remotely Piloted Vehicle (NASA-CR-190007) / D.S. Elario et al. – Worcester Polytechnic Institute, 1991. – 318 p.
9. Tropea C. Nature-Inspired Fluid Mechanics: Results of the DFG Priority Programme 1207 «Nature-inspired Fluid Mechanics» 2006-2012 / C. Tropea, H. Bleckmann - Springer Science & Business Media, 2012. – 376 p.

© В.Л. Блинов, И.С. Зубков, 2020

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБЕССОЛИВАНИЯ СЫРОЙ НЕФТИ

канд. техн. наук, доцент каф. ИИТСУ **Бахтин Андрей Владимирович**,
аспирант гр. 510-09, асс. **Слюта Марина Олеговна**
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: Сырая нефть и нефтяные смеси различаются по физическим и химическим свойствам, что обусловлено в первую очередь местом их происхождения. При этом свойства нефти из одного и того же источника также могут быть подвержены значительным колебаниям. Некоторые из этих свойств, в частности, содержание соли, оказывают значительное влияние на цену сырой нефти и возможность ее переработки на тех или иных нефтеперерабатывающих предприятиях. Получение информации о концентрации соли в режиме реального времени имеет решающее значение для предотвращения коррозии, загрязнения и засорения трубопроводов, нефтеперерабатывающих установок на предприятиях и улучшает ее переработку, а также улучшает качество конечных продуктов.

Ключевые слова: нефтеперерабатывающее предприятие, поточный анализатор хлористых солей, функциональная структура, электродегидратор.

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM FOR THE PROCESS OF DESALINATION OF CRUDE OIL

Bakhtin Andrey Vladimirovich,
Slyuta Marina Olegovna

Abstract: Crude oil and oil mixtures differ in physical and chemical properties, which is primarily due to their place of origin. Moreover, the properties of oil from the same source can also be subject to significant fluctuations. Some of these properties, in particular, salt content, have a significant impact on the price of crude oil and the possibility of its processing at various oil refineries. Obtaining real-time information on salt concentration is crucial to prevent corrosion, pollution and clogging of pipelines, refineries in enterprises and improves its processing, as well as improves the quality of the final products.

Keywords: electric dehydrator, functional structure, in-line analyzer of chloride salts.

ООО "КИНЕФ" – один из самых больших нефтеперерабатывающих заводов в России. Завод является общепризнанным лидером оптовой торговли на Северо-Западе России и производит все виды топлива, продукцию, пользующуюся большим спросом в нефтехимической и лакокрасочной промышленности, на предприятиях бытовой химии и в строительной индустрии. ООО "КИНЕФ" выпускает автомобильные бензины, дизельное топливо, топливо для реактивных двигателей, мазуты, нефтяные битумы, углеводородные сжиженные газы, растворители, нефтяные парафины, серную кислоту.

Сырая нефть, содержащая соли, воду и растворенный газ, поступает из резервуаров на прием сырьевых насосов и прокачивается тремя параллельными потоками через теплообменники, где нагревается до температуры не выше 160 °С.

Горизонтальные электродегидраторы представляют собой горизонтальные емкости со сферическими днищами. Внутри электродегидраторов вмонтированы электроды, между которыми создается электрическое поле высокого напряжения до 10кВ и сила тока до 2 А. Внешний вид электродегидратора изображен на рисунке 1.



Рисунок 1. Внешний вид электродегидратора на Киришском нефтеперерабатывающем заводе

Нефть подается в нижнюю часть электродегидратора через маточки, создающие равномерный поток нефти в электрическом поле. Температура в электродегидраторах – не выше 160 °С.

Подача напряжения на электроды электродегидратора производится только при полном заполнении его нефти. В случае образования газовой подушки может произойти пробой изоляторов, что приведет к повреждению электродегидратора [1]. Строение электродегидратора представлено на рис. 2 и рис. 3.

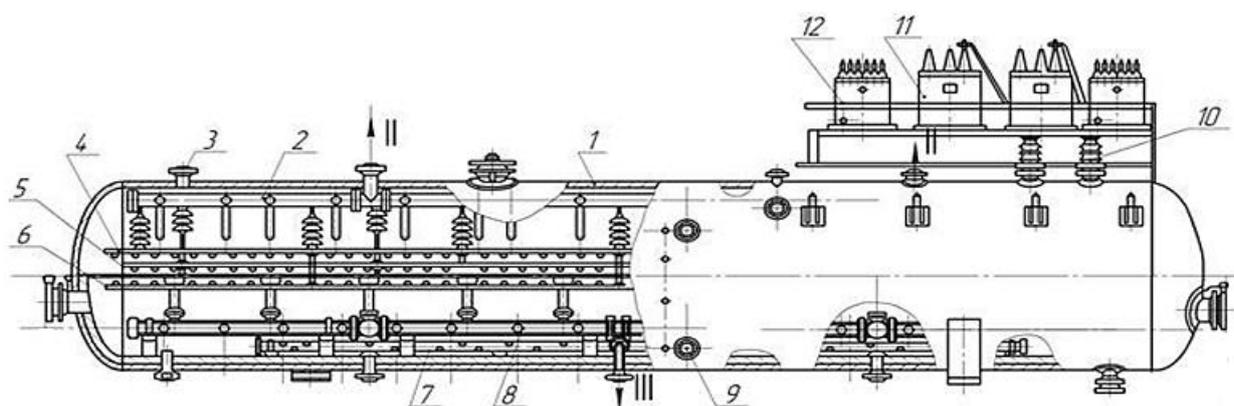


Рисунок 2. Электродегидратор горизонтальный:

1 – корпус; 2 – сборник обессоленной нефти; 3 – штуцер для предохранительного клапана; 4,5,6 – электроды; 7 – дренажный коллектор; 8 – распределитель сырой нефти; 9 – штуцер для межфазного регулятора уровня; 10 – изоляторы; 11 – трансформаторы; 12 – катушки реактивные

Промывная вода подается в нефть перед первой и второй ступенями блока электрообессоливания. Расход воды не более 10% масс на взятую нефть. В качестве промывной воды используется производственная вода из противопожарного - производственного водопровода.

Смешение нефти с промывной водой происходит в клапанах-смесителях. Перепад давления на смесительные клапаны регулируются приборами и должен составлять 0,2 – 1,0 кгс/см².

Для лучшего разрушения эмульсии типа "вода в нефти" в электрическом поле в сырую нефть подаются неионогенные нефтерастворимые деэмульгаторы. Деэмульгатор подается в нефть в чистом виде (из бочек насосом закачивается в емкости для деэмульгатора) [2].

После электродегидраторов II ступени обессоленная и обезвоженная нефть распределяется на 3 параллельных потока и проходит через теплообменники, где нагревается за счет тепла II циркуляционного орошения колонны, атмосферного газойля, мазута, а также II, III циркуляционных орошений колонны и гудрона при работе вакуумного блока [3].

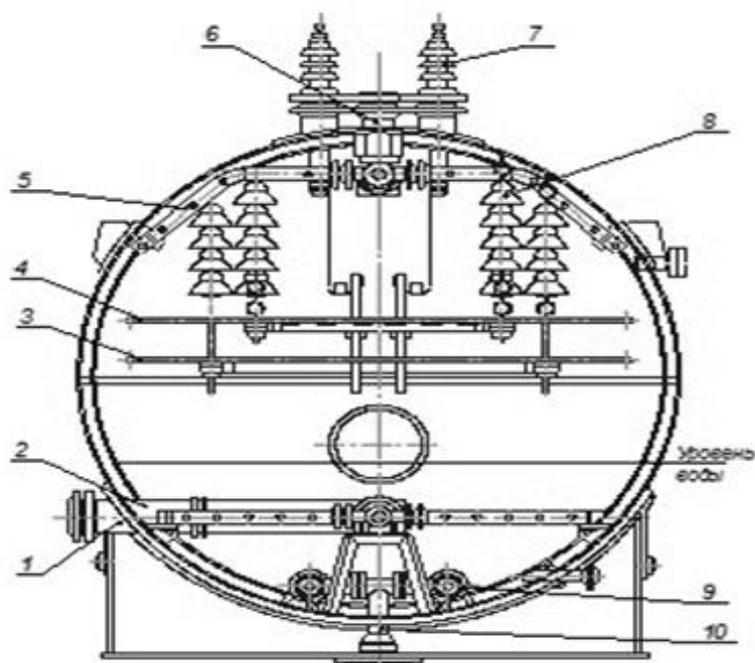


Рисунок 3. Вид электродегидрататора в поперечном сечении:

1 – штуцер ввода сырья; 2 – нижний распределитель сырья; 3 – нижний электрод; 4 – верхний электрод; 5 – верхний сборник обессоленной воды; 6 – штуцер вывода обессоленной воды; 7 – штуцер проходного изолятора; 8 – подвесной изолятор; 9 – дренажный коллектор; 10 – штуцер вывода соленой воды

Существующая функциональная структура АСУ ТП включает в себя:

- Перепад давления нефти с водой измеряется преобразователем давления с выходным сигналом 4-20 мА, действительное значение сравнивается с заданным и выдается управляющий сигнал на исполнительный механизм.
- Уровень солевых стоков измеряется преобразователем давления с выходным сигналом 4-20 мА, действительное значение сравнивается с заданным и выдается управляющий сигнал на исполнительный механизм.
- Расход нефти в трубопроводе измеряется преобразователем давления с выходным сигналом 4-20 мА, действительное значение сравнивается с заданным и выдается управляющий сигнал на исполнительный механизм.

В результате исследования был проведен подробный анализ существующей системы автоматизации. На основе проведенного анализа разработана структурная схема автоматизированной системы, а также произведено внедрение новых технических средств. Новая разработанная функциональная структура АСУ ТП имеет следующий вид:

- Перепад давления нефти с водой измеряется преобразователем давления с выходным сигналом 4-20 мА, действительное значение сравнивается с заданным и выдается управляющий сигнал на исполнительный механизм.

- Уровень солевых стоков измеряется преобразователем перепада давления с выходным сигналом 4-20 мА, действительное значение сравнивается с заданным и выдается управляющий сигнал на исполнительный механизм.
- Расход нефти в трубопроводе измеряется преобразователем перепада давления с выходным сигналом 4-20 мА, действительное значение сравнивается с заданным и выдается управляющий сигнал на исполнительный механизм.
- Количество содержания хлористых солей измеряется поточным анализатором с выходным сигналом 4-20 мА, действительное значение сравнивается с заданным и выдается управляющий сигнал на исполнительный механизм.

В данной работе было произведено сравнение между поточными анализаторами хлористых солей, сделан вывод о том, что поточный анализатор Clora On-Line является наиболее качественным, чем его конкуренты. Это объясняется новейшим методом измерения, который не требует применения дополнительных газов или растворителей. Поэтому для управления процессом обессоливания нефти в электродегидраторах для внедрения был выбран поточный анализатор хлористых солей Clora On-Line.

Сырая нефть и нефтяные смеси различаются по физическим и химическим свойствам, что обусловлено в первую очередь местом их происхождения. При этом свойства нефти из одного и того же источника также могут быть подвержены значительным колебаниям. Некоторые из этих свойств, в частности, содержание соли, оказывают значительное влияние на цену сырой нефти и возможность ее переработки на тех или иных нефтеперерабатывающих предприятиях.

Получение информации о концентрации соли в режиме реального времени имеет решающее значение для предотвращения коррозии, загрязнения и засорения трубопроводов, нефтеперерабатывающих установок на предприятиях и улучшает ее переработку, а также улучшает качество конечных продуктов.

Список использованной литературы

1. Плетнев Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов. - М.: МЭИ, 2016. – 352 с.
2. Ермоленко А.Д., Кашин О.Н., Лисицын Н.В. Автоматизация процессов нефтепереработки: учебное пособие/ под общ. ред. В.Г. Харазова. – СПб.: Профессия, 2012. - 304 с.
3. Технический регламент установки ЭЛОУ АВТ-6 ООО «КИНЕФ» - СПб., 2016. - 783 с.

© А.В. Бахтин, М.О. Слюта, 2020

ГАЗОВЫЕ КОНДЕНСАТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

аспирант **Штиб Алексей Викторович**

науч. руководитель: д-р. техн. наук, проф. **Ведрученко Виктор Родионович**

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)

г. Омск, Российская Федерация

Аннотация: Выполнен краткий анализ физико-химических свойств газовых конденсатов Западной Сибири. Обобщено влияние группового состава нефтяного топлива разных марок на процессы воспламенения в условиях дизельного цикла. Проанализирована возможность использования газового конденсата в качестве топлива для дизелей.

Ключевые слова: дизельное топливо, газоконденсатное топливо, самовоспламенение, фракционный состав, цетановое число.

GAS CONDENSATES OF WESTERN SIBERIA AS RAW MATERIALS FOR DIESEL FUEL PRODUCTION

Stib Alexey Viktorovich,

Vedruchenko Victor Rodionovich

Abstract: A brief analysis of the physical and chemical properties of gas condensates in Western Siberia is performed. The influence of the group composition of petroleum fuels of different brands on the ignition processes in the diesel cycle is generalized. The possibility of using gas condensate as fuel for diesels is analyzed.

Keywords: diesel fuel, gas condensate fuel, self-ignition, fractional composition, cetane number.

Непрерывный рост потребности в моторных топливах требует поиска новых источников сырья для них. Одним из таких источников является газовый конденсат – жидкий продукт, сопутствующий добыче газа и нефти. Основные разведанные запасы газоконденсата размещены в Западной Сибири [1].

Отечественные газоконденсаты включают бензиновые, реактивные и дизельные фракции. Большая их часть состоит в основном из фракций бензинов и реактивных топлив. Из-за большого содержания легких фракций они имеют низкие плотность, вязкость, температуры застывания, помутнения и вспышки. Однако цетановое число газовых конденсатов близко к цетановому числу низкозастывающих дизельных топлив, получаемых из малосернистых нефтей.

Углеводороды газоконденсатных месторождений находятся в многокомпонентной смеси, фазовые превращения которой достаточно сложны и зависят от давления, температуры и ряда других факторов. Повышение температуры и снижение давления способствуют переходу углеводородов этой смеси в газообразное состояние. Однако по известным давлению и температуре нельзя предсказать содержание конденсата в газе. Важным фактором, влияющим на содержание конденсата в газовой фазе, являются свойства самого конденсата: удельный вес, фракционный и групповой углеводородный составы (табл. 1).

Наиболее значимые месторождения ГК в России сосредоточены в Западной Сибири (месторождения Уренгойское, Юбилейное, Медвежье).

Газовые конденсаты представляют собой смесь различных углеводородных фракций, выкипающих в широких температурных пределах. При этом фракции, содержащиеся в газовых конденсатах, близки к бензиновым, лигроиновым и газойлевым фракциям нефти. Поэтому по своему составу и свойствам ГК весьма разнообразны. Они могут иметь как облегченный фракционный состав, так и широкий фракционный.

В целом можно отметить, что в России преобладающими являются ГК парафино-нафтенового основания, содержащие 50-70% парафинов, 20-40% нафтенов и 10-20% ароматических углеводородов. Конденсаты Крайнего Севера и Сибири как правило имеют малое содержание углеводородов ароматического ряда, что благоприятно сказывается на экологических показателях дизелей, работающих на этих топливах. Повышенное содержание нафтеновых углеводородов в ГК Сибири и Севера улучшает низкотемпературные свойства топлив - снижает температуры помутнения и застывания[2].

В табл. 1 представлены физико-химические свойства ряда крупных месторождений газовых конденсатов России, из которых возможно получение топлив для дизелей. По фракционному составу наиболее близким к дизельным топливам является конденсат месторождения Медвежье [2]. Остальные ГК имеют облегченный фракционный состав, что может привести к необходимости изменения регулировок дизеля, работающего на этих топливах. Приблизить свойства этих ГК к свойствам дизельного топлива можно путем их смешивания в требуемых пропорциях.

Анализ свойств газовых конденсатов ряда месторождений Западной Сибири позволяет считать ГК ближайшим сырьевым резервом при производстве моторных топлив для дизелей. Конденсаты северных районов Западной Сибири могут быть использованы в качестве дизельных топлив непосредственно, либо при смешении с товарными дизельными топливами по ГОСТ 305-82. [3].

Для дизельных топлив важными эксплуатационными свойствами являются низкотемпературные свойства, испаряемость, самовоспламеняемость (воспламеняемость), прокачиваемость. Воспламеняемость дизельных топлив оценивают цетановым числом (ЦЧ) по ГОСТ 3122-67. Значение ЦЧ для марок

дизельных топлив по ГОСТ 305-82 регламентировано величиной не менее 45 единиц [4].

Важнейшей характеристикой, определяющей длительность процесса, складывающейся из этапа подготовки топлива к сгоранию в цилиндре, является самовоспламеняемость. При образовании горючей смеси происходит протекание ряда физических и химических процессов [5].

Таблица 1. Физико-химические свойства газовых конденсатов

Показатели	Месторождения		
	Уренгойское	Юбилейное	Медвежье
Температура перегонки топлива, °С:			
начало	80	75	210
10% топлива	100	-	225
50% топлива	145	122	252
90% топлива	275	-	293
96% топлива	320	-	327
Плотность при 20°С, кг/м ³	772	779,8	869
Вязкость кинематическая при 20°С, мм ² /с, не менее	1,17	1,054	5,14
Цетановое число	43	38,5	37
Температура застывания, °С	-70	-76	-68
Температура помутнения, °С	-	-	-
Содержание серы, %, масс.	0,01	0,002	0,012

Установлено также, что утяжеление фракционного состава, как правило, ведет к увеличению удельного расхода топлива и дымности выхлопных газов. Так, в дизеле с непосредственным впрыскиванием удельный расход больше примерно на 4% при использовании утяжеленных сортов топлива. Известно также, что воспламеняемость углеводородов уменьшается в последовательности: парафиновые, нафтеновые, ароматические. В связи с этим увеличение в топливе концентрации ароматических и нафтеновых углеводородов за счет парафиновых приводит к ухудшению его воспламеняемости. В топливе утяжеленного фракционного состава это является положительным фактором, т.к. приводит к увеличению времени,

предусмотренного для испарения топлива, что и компенсирует его низкую испаряемость [6].

Таким образом, результаты исследования газоконденсатов Западной Сибири, значительно различающихся по фракционному составу, показали принципиальную возможность их использования как в чистом виде, так и в смеси в качестве топлива для дизелей. На основании проведенного анализа можно констатировать, что газовые конденсаты, близкие по фракционному составу к стандартному дизельному топливу, могут заменить его без дополнительных регулировок. Замена дизельного топлива газовым конденсатом позволяет получить экологический и экономический эффект.

Список используемой литературы

1. Марков В. А. Работа дизелей на нетрадиционных топливах [Текст] / В. А. Марков, А. И. Гайворонский, Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко. - М.: Изд-во "Легион-Авто дата", 2008. - 464 с.
2. Ведрученко В. Р. Топливо и топливные смеси для судовых дизелей: учеб. пособие/ Ведрученко В. Р., И. И. Малахов. - Омск: ОИВТ (филиал) ФГБОУ ВО «СГУВТ», 2017. - 60 с.
3. Бондаренко В.А. Об использовании газоконденсатного топлива в дизельных двигателях/ В.А. Бондаренко, С.А. Фот //Вестник ОГУ №4, 2001.- С.72-75.
4. Ведрученко, В. Р. Альтернативные виды топлива для судовых дизелей: монография [Текст] / В. Р. Ведрученко, И. И. Малахов. - Омск: Омский институт водного транспорта (филиал) НГАВТ, 2012. - 173 с.
5. Возницкий И.В. MAN B&W Двигатели модельного ряда МС 50-98 [Текст]/ И.В. Возницкий. Моркнига 2008.- 260 с.
6. Пахомов, Ю.А. Топлива и топливные системы судовых дизелей [Текст] / Ю.А. Пахомов, Ю.П. Коробков, Е.В. Дмитриевский, Г.Л. Васильев. – М.: ТрансЛит, 2007. – 496 с.

©А.В. Штиб, В.Р. Ведрученко, 2020

ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

студент гр. 7-529 **Гебеков Расул Саидович**,
канд. техн. наук, доцент **Морева Светлана Леонидовна**
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. Рассматриваются основные цели и задачи подготовки специалистов по ядерным специальностям. Обоснована важность подготовки, поддержания и повышения квалификации оперативного персонала атомных станций. Представлен стенд для отработки практических навыков действий оперативного персонала.

Ключевые слова: подготовка специалистов, атомная станция, оперативный персонал, учебный стенд.

STAFF TRAINING FOR NUCLEAR ENTERPRISES

Gebekov Rasul Saidovich,
Moreva Svetlana Leonidovna

Abstract. The main goals and tasks of training specialists in nuclear specialties are considered. The importance of training, maintaining and advanced training of the operational personnel of nuclear power plants is substantiated. A stand for practicing practical skills of operations personnel is presented.

Keywords: training of specialists, nuclear power plant, operational personnel, training stand.

В настоящее время атомная отрасль России представляет собой мощный комплекс из более чем 400 предприятий и организаций, в которых занято свыше 250 тысяч человек. Отрасль активно развивается, несмотря на большие затраты в связи с повышением безопасности. Во многих регионах России эксплуатация АЭС экономически более выгодна по сравнению с тепловыми электростанциями. Общее количество строящихся энергоблоков в России – 6. В ближайшей перспективе атомная отрасль не нуждается в добыче топлива, поэтому экономически целесообразно ее дальнейшее развитие.

Атомные электростанции являются сложными человеко-техническими комплексами. Для обеспечения безопасной, надежной и эффективной эксплуатации атомных станций необходимо большое количество

высококвалифицированных специалистов. Подготовка специалистов по ядерным специальностям проводится в 22 вузах страны. Существует общее положение обеспечения безопасности атомных станций (НП 001-97), согласно которому: «АС должна быть укомплектована персоналом, имеющим необходимую квалификацию и допущенным в установленном порядке к самостоятельной работе до завоза ядерного топлива на станцию» [1]. Концерн «Росэнергоатом» решает эту задачу, применяя системный подход, обеспечивая успешным функционированием систему подготовки, поддержания и повышения квалификации и психологического обеспечения персонала. Одной из главных задач является разработка и реализация мероприятий, которые бы позволили предотвратить ошибки персонала. Для этого основными целями обучения персонала являются:

- приобретение основных знаний об оборудовании и режимах работы энергоблока;
- приобретение навыков управления, необходимых в процессе эксплуатации энергоблока;
- закрепление полученных навыков и знаний средствами компьютерного моделирования в учебно-тренировочном центре [2].

Прежде всего, при приеме на работу проводится тщательный отбор среди кандидатов. Принимаются только специалисты высокой квалификации. Они проходят обучение, стажировку под руководством лучших специалистов и строгую проверку на экзаменах. На предприятиях с опасными и вредными факторами невозможно производить обучение на действующем оборудовании. Поэтому создаются учебно-тренировочные подразделения, где обучение персонала происходит на стендах, тренажерах и пультах управления, максимально схожих с действующим на производстве оборудованием. Особое внимание на атомных станциях уделяется подготовке оперативного персонала. Поддержание высокого профессионального уровня обеспечивается регулярным проведением противоаварийных тренировок оперативного персонала и подготовкой в учебно-тренировочном центре.

Главный ресурс предприятия – персонал, благодаря которому все процессы могут работать непрерывно и безаварийно. Для обучения профессиональных кадров с целью улучшения их навыков, повышения знаний о работе на оборудовании предприятия, создан штаб профессиональных сотрудников-инструкторов, имеющих необходимый опыт работы на АЭС и прошедшими специальную психолого-педагогическую подготовку. Для обучения и поддержания квалификации оперативного персонала используются специальные стенды и тренажеры. Обучаемые приобретают практические навыки выполнения переходов на действующем оборудовании, первоначальные знания об аварийных режимах работы технологического оборудования и о методах выхода из аварийных ситуаций.

Применение таких стендов и тренажеров позволяет добиться максимального реализма в имитации производственных ситуаций, объективно оценивать действия оперативного персонала. На рисунке 1 представлен один из стендов, который располагается в учебном центре АС.

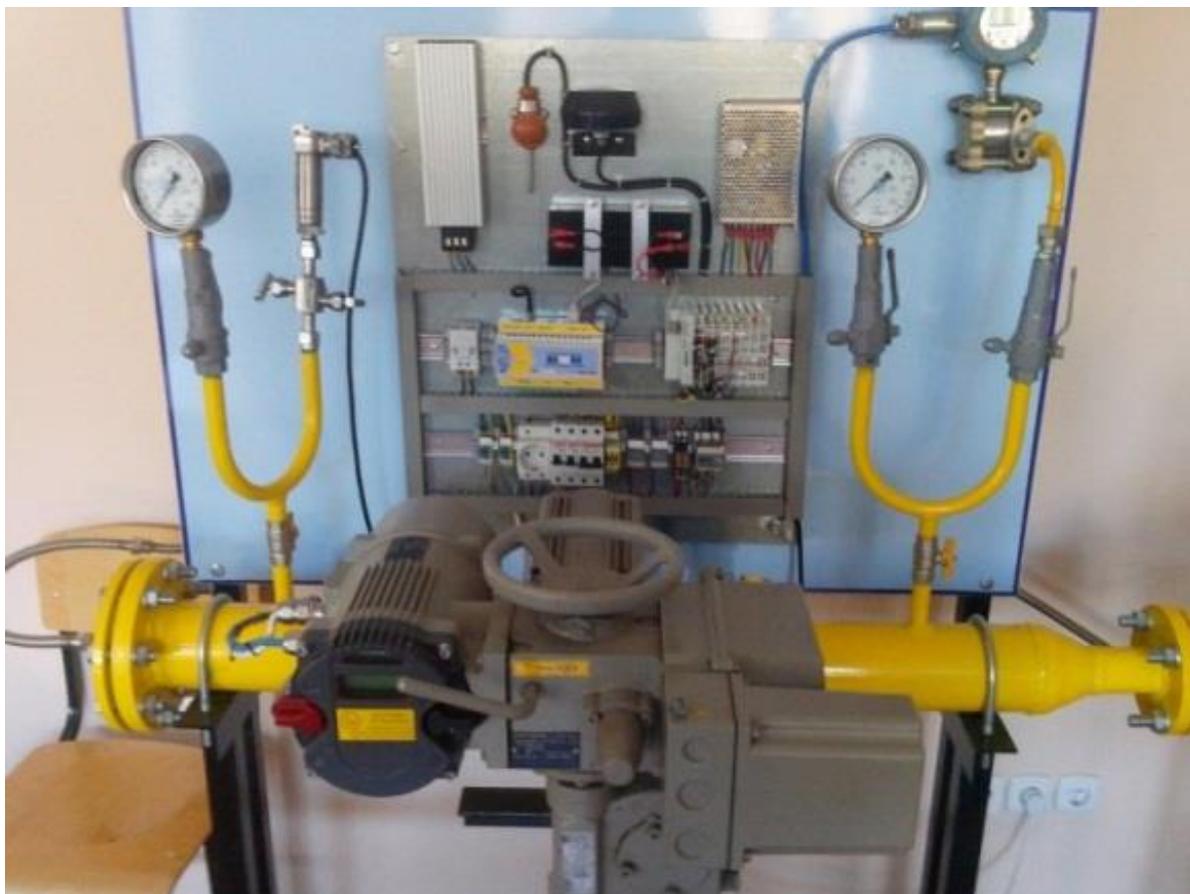


Рисунок 1. Стенд для обучения персонала

На нем обучаются профессиональным навыкам и прорабатывают последовательность действий при чрезвычайных ситуациях оперативный персонал основных цехов: реакторного, турбинного, тепловой автоматики и измерений.

Основными узлами стенда являются:

- Модульный контроллер Wago
- GSM контроллер Axione
- Запорно-регулирующая арматура Schiebel
- Измерительные преобразователи избыточного давления
- Датчик температуры
- Стрелочные манометры
- Термостат с нагревательным элементом
- Блок питания и аккумуляторная батарея

На ПЛК Wago поступает информация с датчиков избыточного давления, датчика положения РО и температуры (температура в щите автоматизации), с блока питания (уровень напряжения на его выходе); на дискретный вход подается сигнал признака исправности блока питания (штатная работа или аварийная от аккумуляторной батареи). В свою очередь с ПЛК поступает токовый сигнал на задание положения РО. По Ethernet контроллер Wago связан с персональным компьютером (ПК) и контроллером Ахione. Имеется шаровой кран Schiebel с возможностью тонкой конфигурации и настройки, с диагностикой работоспособности и сигнализацией аварийных режимов работы.

На основе рассматриваемого стенда разработан программно-технический комплекс с возможностью дистанционно осуществлять диагностику работы оборудования, контроль технологических параметров, сигнализацию аварийных режимов при отклонении параметров от уставок.

В заключение хотелось бы отметить, что определяющим фактором безопасной, надежной и эффективной эксплуатации атомных станций являются люди, их знания и опыт. Создание эффективной системы обучения является важным фактором для успеха предприятия.

Список использованной литературы

1. НП 001–97. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. – М., 1998.
2. Виштак, Н. М. Система подготовки кадров в атомной энергетике / Н. М. Виштак, Т. А. Разумова, А. П. Осколков. // Молодой ученый, 2015. № 22.5 (102.5). – С. 24-26.

© Р.С. Гебеков, С.Л. Морева, 2020

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА В СФЕРЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

студент гр. 227 Хайбуллин Файль Наилевич,
науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент Митягин Григорий Евгеньевич
Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А.Тимирязева
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация: На основании анализа литературных источников был проведен анализ, благодаря которому была написана данная работа, которая посвящена преимуществам и недостаткам при применении аддитивных технологий и проблемам, решаемым при внедрении данной технологии в сфере автомобильного транспорта, а также высказаны предположения дальнейшего развития трехмерной печати.

Ключевые слова: аддитивные технологии; 3d печать; преимущества, автомобильный транспорт, традиционные методы.

THE BENEFITS OF USING ADDITIVE MANUFACTURING IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

**Khaibullin Fail Nailevich,
Mityagin Grigory Evgenievich**

Abstract: Based on the analysis of literary sources, an analysis was carried out, thanks to which this work was written, which is devoted to the advantages and disadvantages of applying additive technologies and the problems solved by the introduction of this technology in the field of automobile transport, as well as suggestions for the further development of three-dimensional printing.

Key words: additive technologies; 3d printing; advantages, road transport, traditional methods.

Аддитивные технологии — это новый рынок, в полной мере не реализованный и имеющий громадный потенциал в своем развитии, особенно там, где нужно быстро изменить форму изделия под нужды, необходимые на текущий момент времени.

В связи с появлением инновационных материалов, 3d принтеров и новых методов проектирования человек сможет самостоятельно, не выходя из дома, производить ремонт транспорта, имея под рукой только 3D принтер.

Благодаря последним достижениям в области компьютерного моделирования и материаловедения, стало возможным создание элементов автомобиля, которые по своим свойствам и характеристикам ничем не уступают оригинальным деталям.

По расчётам мировая прибыль в сфере аддитивных технологий в 2016 году составила 6 млрд долларов, в 2017 году она выросла до \$9 млрд, в 2018 – \$12 млрд, в 2019 – достигнула \$14 млрд и к 2020 году должна достигнуть суммы в \$21 млрд. [3]

Важный фактор, свидетельствующий о необходимости незамедлительно рассмотреть возможность использования аддитивных технологий, заключается в том, что 3d печать уже проникает в большинство ключевых промышленных сегментов как для создания оснастки, так и для производства конечного продукта.

Преимущества аддитивных технологий

Аддитивные технологии обладают множеством преимуществ по сравнению с традиционными технологиями:

- Значительное снижение массы изделия и повышение его конструктивной сложности. Их применение обеспечивает дополнительную экономию горючего.
- В автомобилестроении снижение веса на 10 % дает экономию на топливе на 4 % в год. Внедрение таких облегченных конструкций, как правило, требует их изготовления с помощью аддитивных лазерных технологий [1, с.12].
- Применение аддитивных технологий позволяет увеличить коэффициент использования материалов с 0,7 до 0,9, это в 6,4 раза выше, чем при традиционном производстве, снижая тем самым затраты на дорогостоящие материалы [1, с.12].
- Сокращение технологического цикла и уменьшение издержек на подготовку производства. Применение аддитивных технологий позволяет опытно-конструкторским организациям в малые сроки улучшить составные части проектируемого изделия, ускорив тем самым изготовление деталей со сложной конфигурацией и ввод изменений в конструкции изделий в процессе испытаний и доводки.
- Повышение надежности изделия за счет замены сборочных единиц детали на цельный блок, состоящий из одного элемента.
- Снижение трудоемкости и себестоимости технологии изготовления, связанной с обработкой деталей, работающих в экстремальных условиях (отдельные части двигателей, коробки передач и т.д.) и обладающих низкой обрабатываемостью резанием.
- Высокая гибкость технологий аддитивного формообразования в сравнении с традиционными технологиями, т.к. с запуском новых деталей не нужны технологическая оснастка и новые заготовки.

Использование АМ помогает устранить 8 главных видов потерь: перепроизводство, ожидание, транспортировка, лишние этапы обработки, запасы, транспортировка, дефекты, неиспользованный человеческий потенциал [2].

Мир приближается к эпохе индивидуальности. На сегодняшний день производственные мощности ориентированы на индивидуальность потребителя. Аддитивные технологии могут воплотить в жизнь такие пожелания.

Из вышеприведенного видим, что технология 3D печати сильно продвинулась и применение её в ближайшем будущем не избежна.

В начале своего пути аддитивные технологии рассматривались как быстрый способ изготовления прототипов, но уже в последние 5-10 лет многие страны активно используют 3d печать для ремонта и создания автомобилей.

Эффективность АМ достигается при изготовлении изделий малыми партиями, компенсируя высокую стоимость материалов снижением издержек.

Автор предполагает, что активное внедрение и развитие технологии 3d печати сможет устранить основные потери при производстве не только в автомобильной промышленности, но и в других отраслях в недалеком будущем.

Список используемой литературы

1. Журнал «Аддитивные технологии».- ООО «ПРОМЕДИА», 2016.
2. Почему перепроизводство главный враг бережливого производства, [Электронный ресурс] Режим доступа: [<https://lean-tech.ru/blog-pochemu-pereproizvodstvo-glavnyy-vrag-berezhlivogo-proizvodstva.html#>] (Дата обращения 10.03.2020).
3. Журнал Wohlers, 2020.

© Ф.Н. Хайбуллин, Г.Е. Митягин, 2020

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ В СИСТЕМЕ MS ACCESS

студент гр. 515 **Ефремов Владислав Максимович**,
науч. руководитель: ст. преп. **Леонова Надежда Львовна**
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: В статье рассматривается процесс создание базы данных для кафедры прикладной математики и информатики ВШТЭ СПбГУПТД (далее ПМиИ) с целью решения таких задач как: занесение, хранение и выдача данных о работе кафедры, а также для создания удобной рабочей платформы с документами, имеющимися на кафедре.

Ключевые слова: база данных, система управления, MS Access.

CREATING AN INFORMATION ENVIRONMENT IN MS ACCESS

Efremov Vladislav Maksimovich,
Leonova Nadezhda Lvovna

Abstract: The article discusses the process of creating a database for the Department of Applied mathematics and computer science of HSTPE SPbGUPTD (hereinafter PMiI) in order to solve such tasks as: entering, storing and issuing data about the work of the Department, as well as to create a convenient working platform with documents available at the Department.

Key words: database, management system, MS Access.

Современный мир информационных технологий трудно представить себе без использования каких-либо баз данных. Практически все системы в той или иной степени связаны с функциями хранения информации в течение длительного времени, а также обработки этой самой информации. Фактически эта самая информация стала неким фактором, который определяет эффективность любой из сфер деятельности.

Основой для работы, хранения и планирования служат всевозможные архивы, регистрационные журналы, списки и т.д. Их количество с каждым разом растет и это не совсем удобно, так как большой объем данных надо где-то хранить. При большом объеме различной информации поиск нужных сведений или внесение изменений в эти сведения, производимый вручную, представляют собой очень трудоемкий и долгий процесс. Поэтому и появилась острая необходимость создания различных баз данных. Microsoft Access в настоящее время является одной из самых популярных среди настольных (персональных) программных систем управления базами данных.

Сразу после запуска MS Access откроем раздел «Создать» на вкладке «Файл». В этой вкладке можно создать новую базу или открыть уже существующую. Выбираем окно создания «Новая база данных». Для этого необходимо ввести имя нашей базы данных (БД) в поле «Имя файла», назовем ее «Кафедра ПМИИ». Файл сохраняется в формате «.accdb» (рис. 1).

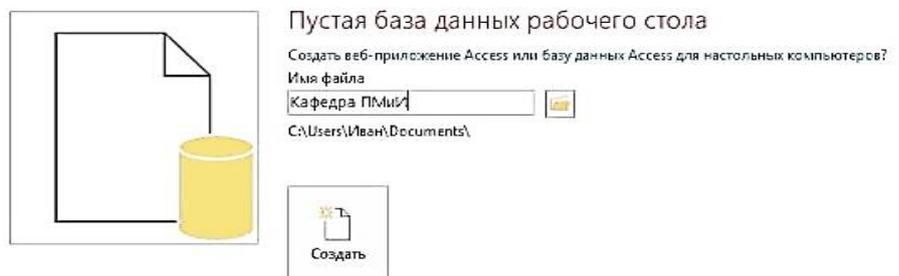


Рисунок 1. Окно создания базы данных

После успешного создания БД на экране появится пустая таблица. Для формирования ее структуры следует нажать по вкладке «Таблица1» и выбрать «Конструктор». Сохраняем её под названием «Преподаватели» с этого начнется наша база данных. Далее в этом конструкторе создадим 10 строк нашей будущей таблицы. Затем для каждого поля таблицы необходимо выбрать тип данных из представленного списка (рис. 2).

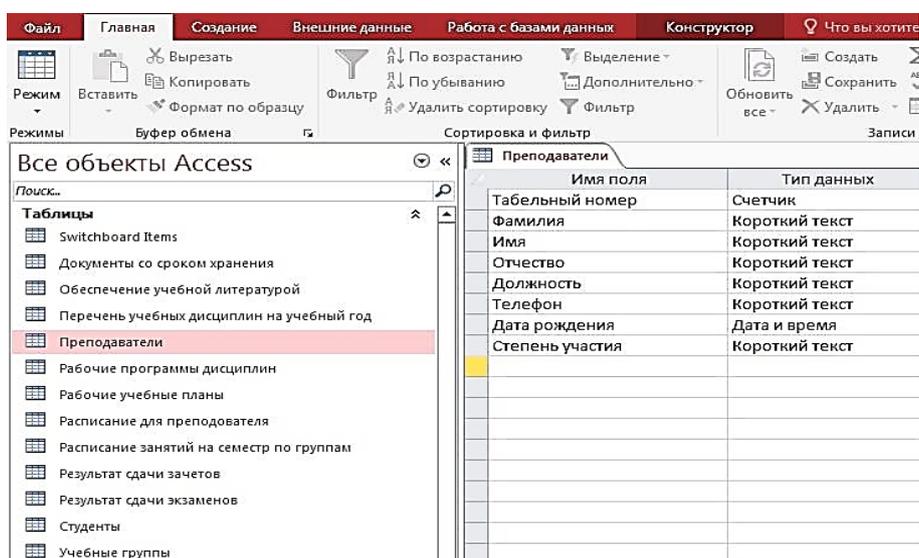


Рисунок 2. Типы данных таблицы «преподаватели»

По такому же принципу создадим остальные таблицы. При огромном количестве полей в таблице заполнять базу данных становится сложно. Можно случайно пропустить значение, ввести неверное или другого типа. В данной ситуации на помощь приходят формы, с помощью которых можно быстро заполнять сущности, а вероятность допустить ошибку минимизируется.

Для создания формы надо перейти во вкладку «Создание» и нажать на необходимый формат формы из блока «Формы». В нашей базе данных будет

много форм, рассмотрим создание формы для таблицы «Преподаватели». Далее выбираем все доступные поля. У нас есть выбор, каким образом будет представлена наша форма. Нам подойдет выровненный, выбираем его и жмем кнопку «Готово».

Также для более удобной навигации по форме создадим три кнопки: «Предыдущая запись», «Следующая запись» и «Добавить запись». Для этого переходим в конструктор форм, переходим на вкладку инструменты и из списка инструментов выбираем кнопку. Переносим ее на форму. Появится окно создания кнопки. Тут можно выбрать какое действие будет выполнять кнопка. Нам нужно, чтобы она открывала следующую запись в форме. Выбираем пункт «Переход по записям», а затем «Следующая запись». Таким же образом создаем кнопки «Добавить запись» и «Предыдущая запись» (рис. 3).

Преподаватели	
Табельный номер	<input type="text" value="7"/>
Фамилия	<input type="text" value="Колупайло"/>
Имя	<input type="text" value="Мария"/>
Отчество	<input type="text" value="Сергеевна"/>
Должность	<input type="text" value="Преподаватель"/>
Телефон	<input type="text" value="8-981-849-67-15"/>
Дата рождения	<input type="text" value="27.12.1995"/>
Степень участия	<input type="text" value="Почасовик"/>

◀ ▶ Добавить запись

Рисунок 3. Финальный вид формы «преподаватели»

При создании в Access схемы данных в ней определяются и запоминаются связи между таблицами. Для установления связей используем ключевые поля: «Номер Группы», и «Группа». Например, между первичным ключом (Номер Группы) из таблицы учебные группы и вторичным ключом (Группа) из таблицы Студенты устанавливаем связь один - ко - многим.

Прежде чем приступить к созданию логических связей, надо закрыть все таблицы на вкладке «Работа с базами данных». Затем нажать на команду «Схема данных», в окне редактирования появится активное диалоговое окно «Добавление таблицы» на фоне неактивного окна «Схема данных». В окне «Добавление таблиц» необходимо выделить имена таблиц и нажать кнопку «Добавить», при этом в окне «Схема данных» появятся все выбранные таблицы (рис. 4). После этого необходимо закрыть окно диалога.

Далее следует установить связи между таблицами. Для примера установим связь между таблицами «Учебные группы» и «Студенты». Для этого необходимо в окне «Схема данных» выбрать поле «Номер Группы» из таблицы «Учебные группы» и перенести на соответствующее поле таблицы «Студенты», в нашем случае это поле «Группа».

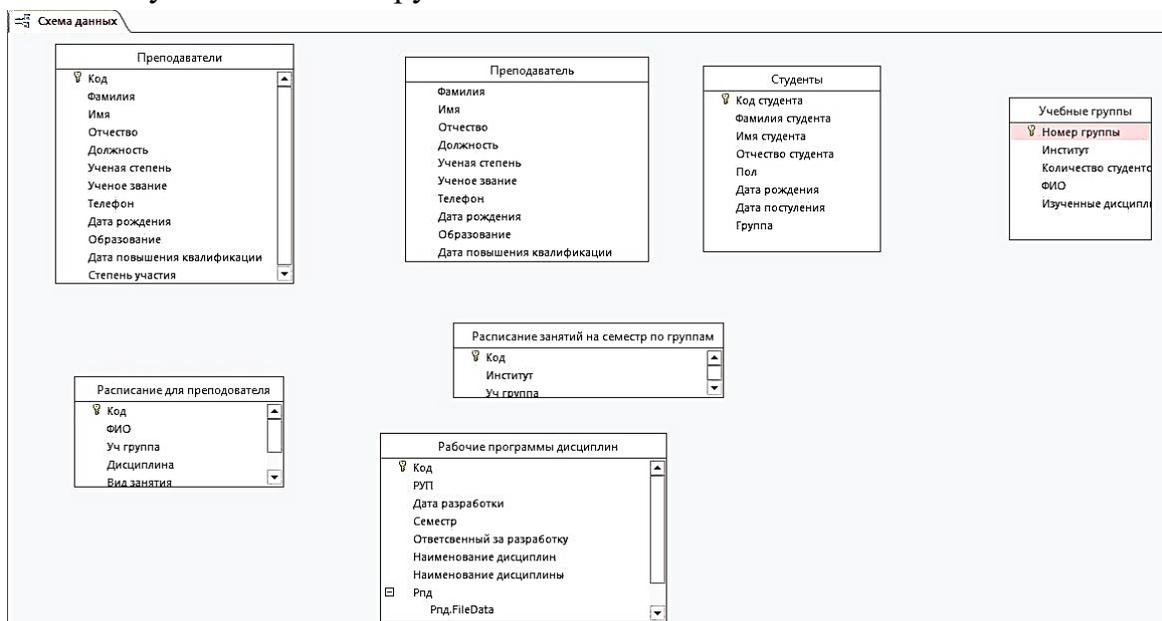


Рисунок 4. Поле «Схема данных»

В результате этой операции появится окно «Изменение связей». В появившемся окне диалога «Изменение связей» требуется установить флажки: «Обеспечить целостность данных», «каскадное обновление связанных полей» и «каскадное удаление связанных записей», после этого, убедимся в том, что установлен тип отношений один-ко-многим и нажать кнопку «Создать».

В окне «Схема данных» появится связь один-ко-многим между таблицами «Номер группы» и «Студенты» для полей «Группа» и «Номер Группы». Аналогичным образом создадим связи для все остальных таблиц, представленных в базе данных (рис. 5).

Запросы служат для того, чтобы случае необходимости можно бы было быстро получить нужную информацию из базы данных. Они также могут быть использованы в случае, если надо обновить или удалить некоторое количество записей. Для того, чтобы создать запрос, следует перейти на вкладку «Создание», а далее «Конструктор запросов». В появившемся окне отображаются таблицы, в которых содержатся нужные данные. Чтобы запрос был выполнен следует нажать кнопку «Выполнить». При вводе фамилии преподавателя запрос будет выдавать всю информацию о нем.



Рисунок 7. Настройка макроса

Наш макрос создан, теперь при его выполнении будет открываться форма «Студенты». По такому же принципу будут созданы другие макросы. Они нам понадобятся далее, когда мы будем создавать главную кнопочную форму (ГКФ).

Отчеты служат для того, чтобы выводить на экран какую-либо информацию, которую содержит база данных. Они позволяют получить необходимую информацию в удобном для чтения формате. В разделе «Создание» нажимаем на кнопку «Мастер отчетов». В появившемся окне выберем те поля, которые будут отображаться в нашем отчете. После чего нажимаем «Далее» и нам открывает наш готовый отчет с нужными полями.

В конце создадим главную кнопочную форму. Главная кнопочная форма создается с целью навигации по базе данных. Эта форма может использоваться в качестве главного меню базы данных. Элементами главной кнопочной формы являются объекты форм и отчетов. Для создания кнопок перехода к нашим страницам опять зайдем в «Диспетчер кнопочных форм». Выберем «Главная кнопочная форма», нажмем «Изменить», затем «Создать», появится окно в «Изменение элемента кнопочной формы». В поле «Команда» выбираем «Перейти к кнопочной форме» в поле «Кнопочная форма» выбираем нужную страницу, нажимаем «ОК» и закрываем (рис. 8).

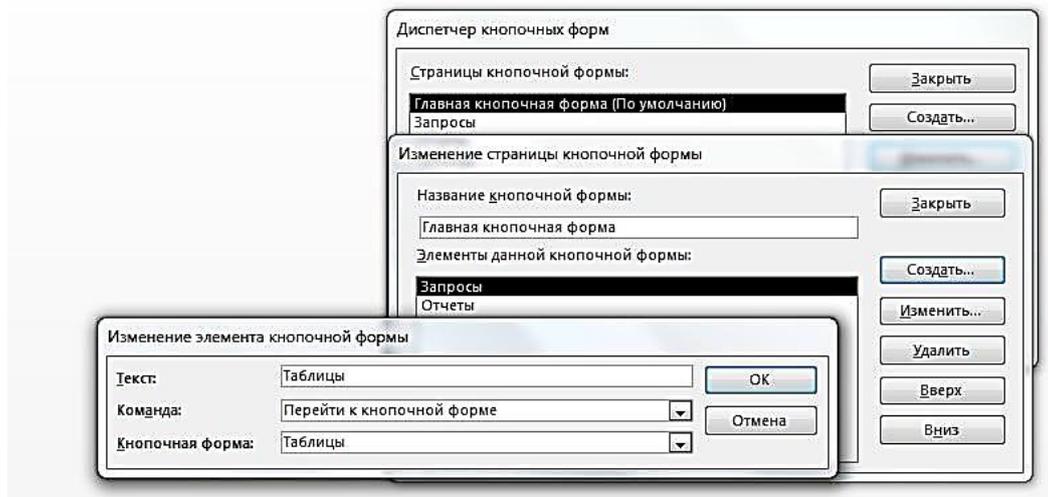


Рисунок 8. Добавление кнопок перехода к другим страницам

Продельываем это для оставшихся страниц. Теперь при выборе нашей ГКФ на заглавной странице появились кнопки перехода к другим страницам. Готовый результат представлен на рисунке 9.

Кафедра ПМиИ



Рисунок 9. Финальный вид ГКФ

В результате проделанных действий база данных «Кафедра» включает в себя следующие объекты: схему данных; таблицы; формы; запросы; отчеты; макросы; ГКФ.

В настоящий момент без базы данных трудно представить какое-либо предприятие, производство, учреждение. Все они обладают огромным количеством данных, которые надо где-то хранить. С этим отлично справляются системы управления баз данных (СУБД). Ведь что такое база данных – это объединение данных из одной конкретной области, которые хранятся и используются с помощью определенной схемы. Чтобы решить поставленные задачи, в среде MS Access были созданы: 12 таблиц, все они были связаны между собой, добавлены запросы, отчеты и макросы. Результатом работы стала созданная главная кнопочная форма для удобного внесения и изменения данных, а также быстрой навигации между таблицами.

Возможности, которыми обладает созданная база данных: внесение данных; хранение данных; обеспечение быстрого доступа ко всем данным; дополнение и обновление данных; создание элементов управления для улучшения интерфейса; вывод данных на печать в виде отчетов. На данный момент базы данных применяют в наиниширочайшем спектре деятельности человека. Без них невозможно представить работу магазинов, школ, медицинских учреждений, банков и т.д. Сегодня базы данных являются неотъемлемой частью жизни человека.

Список использованной литературы

1. Бекаревич Ю., Пушкина Н. Microsoft Access за 21 занятие.- 2013. - 544 с.
2. Киселев С.В. Офисные приложения MS Office: учеб. пособие. - 2008 – 80 с.

© В.М. Ефремов, Н.Л. Леонова, 2020

О МЕСТЕ АЭС В РАЗВИТИИ ЭНЕРГЕТИКИ ИОРДАНИИ

аспирант Аладаилах Мутаз Валид Али,
студент гр. ЭН-460018 Серков Иван Алексеевич,
науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент Ташлыков Олег Леонидович
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ)
г. Екатеринбург, Российская Федерация

Аннотация: Выполнен анализ состояния энергетики Иордании. Сформулированы проблемы обеспечения надежного энергоснабжения населения. Приведены данные по структуре энергопроизводства Иордании, планы развития энергетики, включая атомную энергетику. Описаны проблемы выбора типа реактора для сооружения АЭС. Приведены данные по созданию в Иордании ядерной инфраструктуры, включая подготовку специалистов для атомной энергетики.

Ключевые слова: энергетика, ветроэнергетика, солнечная энергетика, атомная электростанция, модульный реактор.

ABOUT NPP SITE IN THE DEVELOPMENT OF ENERGY OF JORDAN

Motaz Al Adaileh,
Serkov Ivan Alekseevich,
Tashlykov Oleg Leonidovich

Abstract: An analysis of the state of energy in Jordan is made. The problems of ensuring reliable energy supply to the population are formulated. The data on the structure of energy production, plans for the development of energy, including nuclear energy in Jordan. The problems of choosing the type of reactor for the construction of nuclear power plants are described. The data on the creation of a nuclear infrastructure in Jordan, including the training of specialists for nuclear energy, are presented.

Keywords: energy, wind power, solar power, nuclear power plant, modular reactor.

Введение

Иордания - это небольшая страна с ограниченными природными ресурсами и высокой зависимостью от импорта энергии. Иорданию можно рассматривать как одну из наиболее открытых экономик на Ближнем Востоке, и ее экономический рост в значительной степени зависит от колебаний мировых цен на нефть и наличия внешних инвестиций.

В отличие от других стран Ближнего Востока, Иордания не добывает нефть. Ее внутренние ископаемые энергетические ресурсы ограничены и не удовлетворяют потребности растущего населения и экономического роста. Таким образом, страна в настоящее время опирается и будет продолжать делать это в ближайшем будущем почти исключительно на сжигание импортного ископаемого топлива с целью удовлетворения национального спроса на энергию. Расходы Иордании на нефть составляют более 50% ее дохода от экспорта, поэтому переход на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) для производства электроэнергии имеет жизненно важное значение, так как одновременно решает энергетические и экологические проблемы [1, с.630].

Хотя Иордания всегда использовала внешние источники для удовлетворения большинства своих энергетических потребностей, беспрецедентные события в энергетическом секторе, которые были отмечены в течение последнего десятилетия, выявили уязвимость королевства к перебоям в энергоснабжении. До 2003 года Иордания в подавляющем большинстве полагалась на нефть, импортируемую из Ирака по сниженным ценам. Из-за войны в Ираке, которая произошла в 2003 году, и связанное с этим свержение иракского режима, Иордании пришлось искать поставщиков нефти в других странах, чтобы удовлетворить свои энергетические потребности [2].

В то время произошли два важных события:

- разработка Национальной энергетической стратегии, направленной на использование внутренних источников энергии.
- Подписание соглашения об импорте природного газа с Египтом для обеспечения страны доступным источником энергии, главным образом для производства электроэнергии.

Предполагалось, что ежегодный прирост производства электроэнергии составит 7,6% до 2020 года. Это означало, что потребление электроэнергии в стране увеличится до 31 ТВт·ч в 2020 г. против 16,3 ТВт·ч в 2011 г. В случае, если бы эта тенденция продолжилась до 2050 г., то уровень использования электроэнергии на каждого человека составил бы 24,6 МВт·ч в год.

Соглашение, подписанное с Египтом, обеспечило Иорданию большими объемами природного газа по сниженным ценам. В 2010 году, через 6 лет после подписания соглашения, импорт природного газа, за счет которого производилось примерно 80% электроэнергии Иордании, начал резко снижаться, пока не был полностью остановлен в 2014 г. в результате непрерывной бомбардировки арабского газопровода. Все эти факторы заставили Иорданию обратиться к дорогостоящему импорту нефти и побудили Королевство инвестировать в проекты альтернативной энергетики, чтобы снизить растущее давление на национальный бюджет.

На рис.1 приведены данные по выработке, экспорту и импорту электроэнергии в Иордании в период 1980 по 2017 годы. Структура энергопроизводства в Иордании в 2017 году, приведенная на рис. 2, показывает подавляющую зависимость страны от поставок энергоресурсов.

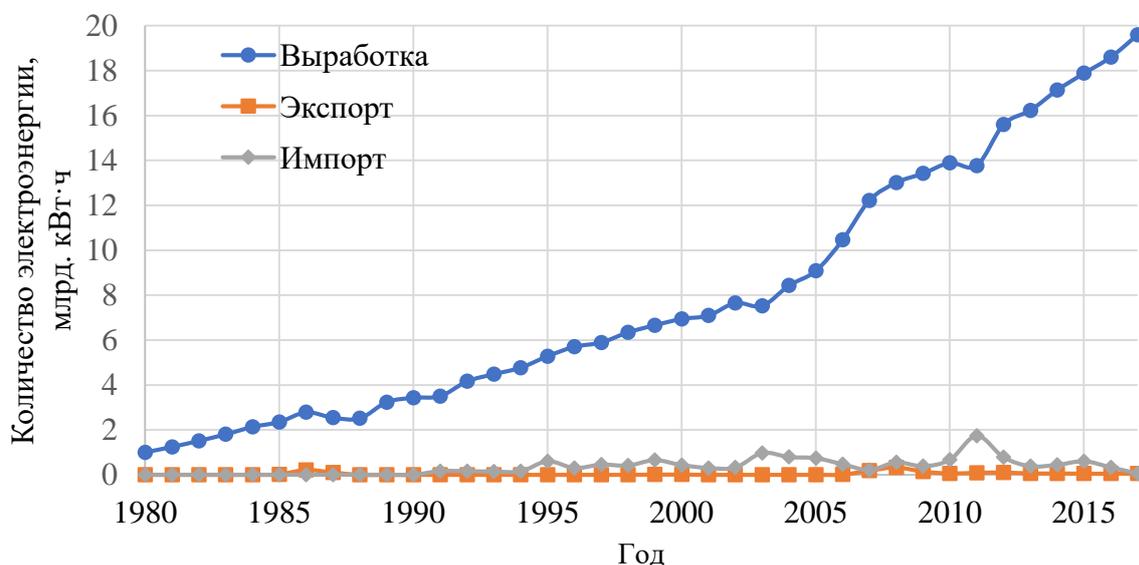


Рисунок 1. Выработка, импорт и экспорт электроэнергии в Иордании



Рисунок 2. Вклад в производство электроэнергии в 2017 г. различных источников

Правительство Иордании создало план сбалансированной программы, которая поощряет разработку рентабельной возобновляемой энергетики и энергетические проекты на ископаемом топливе. Эта энергетическая политика страны руководствуется основными стратегическими планами. План «Иорданское видение 2025 года» уделяет особое внимание повышению внимания к энергетическому сектору экономики и направлен на увеличение доли потребления энергии, получаемой из местных ресурсов, с 2% до почти 40%

в течение следующего десятилетия [2]. При этом планируются следующие основные действия:

- сосредоточение внимания на сланце,
- выработка электроэнергии на АЭС,
- содействие развитию проектов возобновляемой энергии.

Правительство также надеется увеличить долю возобновляемых источников энергии с 1,5% до 11% к 2025 году и ядерной энергетики 15% за тот же период.

Таблица 1. Электростанции Иордании

Название	Вид топлива	Мощность, МВт
Электростанция Аль-Катрана	Природный газ	373
Амманская Восточная Электростанция	Природный газ	380
Акабская ТЭС	Природный газ и мазут	656
Электростанция Рехаб	Природный газ	357
Электростанция Риши	Природный газ	60
Электростанция Аль Самра	Природный газ	1175
IPP3	Природный газ и мазут	573
IPP4	Природный газ и мазут	241
Электростанция Attarat (строится)	Горючий сланец	470
King Talal Dam	Вода	4
Ветряная электростанция Тафила	Ветер	117
Станция Аль Ибразимия	Ветер	0,32
Станция Хофа	Ветер	1,125
Электростанция Shams Ma'an	Солнце	160
Электростанция Риша	Солнце	112,5

Как и другие системы разукрупненного электроснабжения, структура энергетики Иордании состоит из трех основных областей: генерация, передача и распределение электроэнергии (рис.3).

Комиссия по регулированию энергетики и минеральных ресурсов (EMRC) является независимым автономным органом, отвечающим за установление тарифов, проверку организаций и ресурсов, а также за выдачу лицензий любой новой организации, собирающейся функционировать на энергетическом рынке Иордании.

Ирбидская районная электросетевая компания (IDECO) несет ответственность за энергоснабжение в четырех северных районах Иордании (Ирбид, Джераш, Аджлун и Мафрак).

Иорданская электроэнергетическая компания (JEPSCO) занимается передачей электроэнергии в четырех центральных регионах (Амман, Мадаба, Зарка и Балка).

Энергораспределительная компания (EDCO) обеспечивает энергоснабжение в южных регионах Королевства (Акаба, Маан, Карак и Тафила) [3, с.2405].



Рис. 3. Организационная структура иорданской энергетики

Возобновляемые источники энергии

Иордания находится топографически в зоне солнечного пояса, где прямое солнечное излучение доступно в течение примерно 300 дней в году при интенсивности до 5-7 кВт·ч /м². Наряду с солнечной энергией, в стране есть несколько районов с нормальной годовой скоростью ветра в диапазоне 7-9 м/с на высоте 50 м над землей.

В ближайшее время планируется реализация девяти проектов по солнечной энергетике (например, WHEELING SOLAR PROJECT - строительство фотоэлектрической станции мощностью 34 МВт, расположенной на севере Иордании; AL SAFAWI SOLAR PV PROJECT - строительство солнечной фотоэлектрической электростанции мощностью 51 МВт, расположенной в районе Сафави, в 150 км к востоку от Аммана).

Также планируются четыре проекта по ветровой энергетике (например, 45 MW SHOBAK WIND PROJECT - строительство ветряной электростанции Greenfield мощностью 45 МВт, расположенной в Шобаке, в 46 км к северо-западу от Маана и в 210 км к югу от Аммана, на юге Иордании; NEW TAFILEH WIND PLANT - строительство двух ветровых электростанций мощностью по 50 МВт, которые будут расположены в Тафиле, примерно в 180 км к юго-западу от Аммана).

Ядерная энергетика

Иорданская комиссия по атомной энергии (JAEC) продвигает ядерную энергетiku как перспективный вариант решения проблемы энергетики страны, которая позволит удовлетворить растущий спрос на электроэнергию [4, с.33].

Идея использования ядерной энергии в Иордании была сформулирована в ноябре 2006 года, когда был сформирован комитет для разработки плана по внедрению ядерной энергетики и созданию ядерной программы. В 2007 году была создана Иорданская комиссия по атомной энергии для планирования, управления и контроля ядерной программы наряду с Иорданской комиссией по ядерному регулированию (JNRC).

В октябре 2008 года JAEC и Areva, французская компания, специализирующаяся на ядерных технологиях, организовали французское урановое горнодобывающее предприятие Иордании (JFUMC). Это совместное предприятие должно было оценить коммерческий потенциал урановых месторождений в центральной части Иордании.

Для содействия исследованиям и подготовке кадров в области ядерной науки и техники JAEC выбрал южнокорейский консорциум во главе с корейским институтом атомных энергетических исследований (KAERI). Южнокорейская группа DAWEEO построила иорданский исследовательский и учебный реактор (JRTR) - 5-мегаваттный реактор бассейнового типа.

В мае 2010 года JAEC выбрало трех поставщиков для участия в тендере на строительство первой в Иордании АЭС. В списке проектов были представлены: реактор с водой под давлением (PWR) 1100 МВт Atmea-1 от Areva-Mitsubishi, тяжеловодный реактор Enhanced Candu 6 (EC6) мощностью 700 МВт от Канады Limited (AECL) и реактор ВВЭР-1000 от Росатома.

В октябре 2013 года JAEC выбрала Росатом в качестве поставщика ядерных технологий. JAEC и Росатом подписали соглашение о разработке проекта в сентябре 2014. Однако летом 2018 года иорданские власти заявили о приостановке этого проекта на том основании, что строительство реактора большой мощности будет чрезмерно затратным для экономики страны. В то же время было заявлено о возможности строительства в Иордании АЭС с более дешёвыми реакторами малой мощности.

В это же время JAEC получила от МАГАТЭ предварительный отчёт, содержащий вывод о том, что площадка "Qusayr Amra" подходит для

строительства атомной станции. И JAEC совместно с саудовским агентством K.A.CARE и южнокорейским институтом KAERI изучает вопрос о строительстве в Иордании двух малых реакторов общей мощностью 220 МВт. Продолжаются также переговоры с китайской корпорацией CNNC по поводу строительства в Иордании малых реакторов, высокотемпературных реакторов HTR-PM [5].

15 января 2019 года подписано соглашение о взаимодействии по вопросу о возможности строительства в Иордании реакторов малой мощности Американской корпорации NuScale Power [6].

Иордания имеет хорошую базу для подготовки специалистов в области использования ядерной энергии, однако для повышения квалификации специалистов по эксплуатации и обслуживанию в настоящее время развивается сотрудничество с университетами России, в том числе с Уральским федеральным университетом. Первые представители Иордании приступили к обучению в аспирантуре УрФУ по образовательной программе: Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации.

Список использованной литературы

1. Al-Soud, M. S., & Hrayshat, E. S. (2009). A 50 MW concentrating solar power plant for Jordan . Journal of Cleaner Production, 17(6), 625-635.
2. Nada Abdul Rahim, Najwa Eid. (2017). ENERGY PROJECTS IN JORDAN
3. Al-omary, M., Kaltschmitt, M., & Becker, C. (2018). Electricity system in Jordan: Status & prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 2398-2409.
4. Ah mad, A. (2015). Economic risks of Jordan's nuclear program. Energy for sustainable development, 29, -с. 32-37.
5. Халед Тукан. О планах Иордании/АТОМИНФО.RU - 2018.
6. Иордания интересуется проектом реактора NuScale// Атомная энергия 2.0. - 2019.

© М.В Аладаилах, И.А. Серков, А.Л. Ташлыков, 2020

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КАК ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ШАГ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

студент гр.519 **Чагаев Антон Владимирович**,
науч. руководитель: канд. техн. наук, проф. **Сидельников Владимир Иванович**
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: Цифровая Трансформация – это эволюционный переход от автоматизированного управления процессов к автоматическому, где люди переходят на вторые, третьи и другие вспомогательные роли. Средства автоматизации технологических процессов являются предпосылками для реализации автоматического управления. Все поставщики, предлагающие технические решения и усовершенствования, делятся по двум подходам: Information Technology и Operation Technology.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, Цифровая Трансформация, Автоматизация будущего, автоматизация технологических процессов, системы Advanced Process Control.

DIGITAL TRANSFORMATION AS AN EVOLUTIONARY STEP IN TECHNOLOGICAL PROCESS AUTOMATION DEVELOPMENT

Chagaev Anton Vladimirovich,
Sidelnikov Dmitriy Ivanovich

Abstract: Digital Transformation is an evolutionary transition from automated process control to automatic control, where people move to second, third and other auxiliary roles. Process automation means are the preconditions for implementing automatic control. All suppliers offering technical solutions and improvements are divided into two approaches: Information Technology and Operation Technology.

Keywords: Industry 4.0, Digital Transformation, Future Automation, Automation of technological processes, Advanced Process Control Systems, Process Automation.

Цифровая Трансформация – это эволюционный переход от автоматизированного управления процессов к автоматическому, где люди переходят на вторые, третьи и другие вспомогательные роли. Западные футуристы уже сейчас отмечают общую тенденцию алгоритмизации всех процессов, существующих в обществе от промышленного производства, юриспруденции, медицины, торговли до бытовых коммуникаций. Дальнейший

рост алгоритмизации напрямую связывается с дальнейшим техническим и технологическим прогрессом.

Целью работы является - исследовать возможные пути дальнейшего эволюционного развития функционала средств автоматизации технологических процессов в мире Цифровой Трансформации на базе целлюлозно-бумажного предприятия.

В данной статье были поставлены следующие задачи:

1. Ввиду многогранности понятия «Цифровая Трансформация» разобраться в его определении.
2. Описать типовую структуру средств автоматизации в настоящее время.
3. Проанализировав современный рынок, описать возможные перспективы по дальнейшей эволюции функционала средств автоматизации.

В настоящее время в разной литературе используются разные термины, основные из которых Цифровая Трансформация и Индустрия 4.0. Важно отметить, что до сих пор все определения Индустрии 4.0 сформулированы недостаточно точно. В настоящее время можно определенно рассуждать лишь о Цифровой Трансформации как о первоначальном этапе реализации идей Индустрии 4.0. Дальнейшее эволюционное развитие, безусловно, расставит все по своим местам и даст не только точное определение всех понятий, но и позволит создать единую концепцию организации любого производственного процесса с опорой на технологии Индустрии 4.0.

Точно такой же процесс осмысления и развития не так давно мы все наблюдали при появлении компьютеров. На этапе создания механических вычислительных машин на паровой тяге или на вакуумных электронных лампах сложно было рассуждать об их назначении даже самым продвинутым умам. Сейчас же огромное количество смелых и местами безумных идей уложилось в понятный и полезный функционал, который известен даже детям.

Концепцию Индустрии 4.0 впервые сформулировал в 2011 году Клаус Шваб (президент Всемирного экономического форума) в Давосе [2].

Клаус Шваб в четвертой промышленной революции увидел глобальные изменения человечества, в этой революции больше изменятся не продукты, а сами люди и соответственно весь мир.

Индустрия 4.0 приведет к массовым внедрениям киберфизических систем в производстве, к автоматизации большинства производственных процессов, наделению устройств искусственным интеллектом и внедрению многих других современных технологий. Все это существенно сказывается на повышении производительности и снижении себестоимости продукции.

Теперь сформулируем понятие Цифровой Трансформации. Это понятие не устоялось, и имеет значительную вариацию различных определений, зачастую не имеющих ничего общего друг с другом.

На сайте сообщества ИТ-директоров "Enterprise project" дается следующее определение: Цифровая Трансформация — это интеграция цифровых технологий во все сферы бизнеса, кардинально меняющая вашу деятельность и приносящая пользу клиентам, а также культурные изменения, которые требуют от организаций постоянно оспаривать статус-кво, экспериментировать и чувствовать себя комфортно в случае неудачи [12].

Сформулировав определение Цифровой Трансформации, вернемся к автоматизации на промышленных предприятиях. В настоящее время для автоматизации используют комплекс различных средств, начиная от полевых датчиков и исполнительных устройств, и заканчивая системами управления предприятием. Опишем на простой модели основной принцип работы.

Датчики, установленные на бумагоделательных машинах, получают информацию о состоянии процесса и о качестве бумажного полотна и передают ее на систему DCS (Distributed control system). Данная система обрабатывает полученную информацию и передает команды на исполнительные устройства для управления существующим процессом и поддержания необходимых параметров в соответствии с существующим алгоритмом управления и управляющими действиями оператора.

Основное преимущество существующего автоматизированного режима управления заключается в том, что рутинные операции делегируются системе управления. В результате, на предприятии значительно снижаются затраты на сырье, количество обрывов полотна, а также повышается качество готовой продукции и производительность всего потока.

Тем не менее, существуют и несколько серьезных недостатков:

1. Прежде всего, за процессом все равно продолжает следить человек. В итоге какая-то часть оборудования может работать в ручном режиме.
2. Кроме того, из-за большого транспортного запаздывания в технологической цепочке и невозможности отслеживать прямые зависимости качественных показателей готовой продукции от технологического режима автоматизированное управление не позволяет полностью передать управление компьютеру. Опыт человека дополняет функционал автоматизированной системы управления.
3. Также на предприятии в среднем работают 4 смены операторов. Каждая смена настраивает работу потока в соответствии со своими представлениями, что приводит к тому, что несколько раз в сутки на предприятии может меняться стратегия управления производством.

Получается, что одним из главных недостатков современного автоматизированного управления является то, что процессом управляет человек. Цифровая Трансформация нацелена на исправление данного недостатка. В идеальной ситуации Цифровая Трансформация подразумевает под собой внедрение алгоритма, который самостоятельно управляет и координирует работу

на предприятии, в компании или группе компаний в целом. Однако развитие технологий на данный момент не позволяет полностью делегировать процесс управления предприятием алгоритму. Тем не менее, многие компании-поставщики оборудования и решений уже сейчас могут предложить системы, которые смогут приблизить предприятия к Цифровой Трансформации.

Все поставщики, предлагающие технические решения и усовершенствования для целлюлозно-бумажной промышленности, делятся по двум подходам: Information Technology (революционный) и Operation Technology (эволюционный) [9, с. 12].

Особенностью эволюционного подхода является то, что полностью или в какой-то существенной степени используется уже существующая работающая автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП), в результате чего появляется возможность проверять эффективность внесенных дополнений и корректировать дальнейший путь. Отсюда следует, что внесение всех улучшений осуществляется постепенно, с полным контролем работы и ясным видением дальнейшего пути.

Под революционным подходом подразумевается внедрение новой системы управления с нуля. В таком случае строится новая, параллельная система управления с уже внедренной на предприятии АСУТП (если таковая существует). Основной особенностью данного подхода является то, что система управления начинает строиться "сверху", начиная с облачных технологий, и заканчивая установкой датчиков "в поле" (то есть на самом технологическом оборудовании). Отсюда следует, что у предприятия нет возможности проверить эффективность новой системы оптимизации и управления до тех пор, пока она не будет полностью развернута на комбинате.

К революционному подходу относятся такие компании как Andritz, IBM и SAP. Они используют оборудование и устройства ОТ компаний и внедряют свой софт для управления предприятием.

При этом целлюлозно-бумажная промышленность является основной деятельностью (core business) для Valmet, Voith и Andritz.

В настоящее время все существующие технические решения можно объединить в пять ключевых элементов, наличие каждого из которых является важным для трансформируемого предприятия:

- Системы распределенного управления DCS
- Системы APC (Advanced Process Control), управление по прогнозу [1, с. 76]
- Решения по обеспечению надежности работы оборудования
- Сервисные услуги по удаленной поддержке клиентов по технологическому процессу
- Программная платформа обеспечения сотрудничества вендоров для поддержания технологического процесса (экосистема)

Под системами распределенного управления подразумеваются системы АСУТП, напрямую соединенные с датчиками и управляющими элементами (актуаторами) для контроля и управления работой оборудования. Такие системы в обязательном порядке должны обеспечивать гарантированный отклик на событие (операционные системы реального времени).

Каждая ОТ компания так или иначе имеет свою распределенную систему управления (DCS). Однако IT компании таких решений не имеют и используют системы третьих компаний, например, Valmet, Siemens или ABB.

Advanced Process Control — это система оптимизации, которая позволяет управлять каждым процессом предприятия в режиме реального времени, прогнозировать ожидаемые целевые показатели и оперативно управляет технологическим процессом.

Как правило, работа пакетов оптимизации APC строится на базе специализированных измерений качественных показателей продукции. Анализаторы выполняют задачу этих специализированных измерений. Для того, чтобы получить полную информацию о полученном продукте, его отправляют на анализ в лабораторию при предприятии. Однако такой анализ может занимать до получаса, и до конца проведения анализа непонятен полученный результат.

Обеспечение надежности подразумевает под собой мониторинг состояния оборудования и своевременную замену изношенных или сломанных деталей. Такие системы помогают анализировать, прогнозировать, планировать и устранять не только текущие проблемы, но и те, которые могут возникнуть в будущем в связи с износом оборудования. В результате предприятие снижает риск внезапной остановки цикла производства, а, следовательно, и потери прибыли.

Поддержка клиентов – это еще один значительный элемент Цифровой Трансформации. После того, как на предприятии были внедрены новые алгоритмы, их постоянно необходимо поддерживать и улучшать. Также необходимо обучить персонал предприятия работе с вновь внедренными системами.

Помимо этого, поддержка клиентов по технологическому процессу подразумевает под собой удаленную поддержку, мониторинг и анализ данных, а также доступ к сети экспертов по технологическому процессу.

Последний элемент экосистема - подразумевает под собой объединение вендоров, вовлеченных в процесс производства для совместной работы в единой системе. Например, заказчик и поставщики имеют общую платформу для обмена данными и анализа работы оборудования.

Был проведен анализ компаний и составлена таблица 1 по критериям на основе вышеприведенных ключевых элементов. Значение «+» означает, что данный элемент реализован и предлагается компанией. Значение «-» означает, что компания не имеет своей собственной разработки данного элемента на

рынке услуг. Значение «Нет данных» означает, что информация о наличии или отсутствии данного предложения в компании отсутствует в открытом доступе.

Таблица 1. Сравнение компаний по ключевым элементам

Критерии оценки	Operation Technology				Information Technology		
	Valmet	Voith	Siemens	ABB	Andritz	IBM	SAP
DCS	+	+	+	+	-	-	-
QCS	+	+	-	+	-	-	-
MCS	+	+	+	+	-	-	-
APC	Решение для каждого технологического передела	Решение для каждого технологического передела	Оптимизация общего вида	оптимизация общего вида	оптимизация общего вида	оптимизация общего вида	оптимизация общего вида
Визуализация	Dashboard	OnCumulus	Нет данных	Нет данных	Под заказ	Под заказ	Под заказ
Анализаторы	+	Soft-сенсор	Нет данных	Датчики концентрации	Нет данных	Нет данных	Нет данных
Надежность	Мониторинг состояния: любого типа оборудования, контуров управления	Мониторинг состояния: любого типа оборудования, контуров управления	Жизненный цикл электро-технического оборудования	Жизненный цикл электро-технического оборудования	-	-	-
Поддержка клиентов по технологическому процессу	+	+	-	-	+	-	-
Экосистема	+	+	-	-	Нет данных	-	-

Из таблицы можно сделать вывод, что относительно целлюлозно-бумажной промышленности компании, специализирующиеся на ОТ подходе, могут предложить значительно больше элементов Цифровой Трансформации, нежели компании ИТ. Это обусловлено прежде всего тем, что ИТ компании больше сосредоточены на разработке программного обеспечения, а оборудование закупают у третьих компаний. Также ИТ компании имеют значительно более широкую сферу деятельности, что не позволяет им специализироваться исключительно в одной области.

ОТ компании, в свою очередь, обладают всем необходимым оборудованием, и, зачастую, значительно большими знаниями в области технологии, что позволяет им избегать ошибок и эффективно устранять все неисправности и уязвимые места системы.

В заключение можно сказать, что в будущем автоматизация эволюционирует. Человеческий фактор в настоящее время является одним из самых главных проблем при работе предприятия. Цифровая Трансформация нацелена на устранение данного недостатка и на изменение принципа работы предприятия. В настоящее время человек стоит над алгоритмом работы. Цифровая Трансформация поставит человека и алгоритм на один уровень. Внедрение Цифровой Трансформации может проходить с помощью двух основных подходов: Information Technology и Operation Technology. ИТ подход

эффективен в случае отсутствия базовой системы управления АСУТП, а также необходимости контроля и принятия решений непосредственно на предприятии. ОТ подход может использоваться при наличии системы управления АСУТП.

Список использованной литературы

1. Автоматизация от Metso – М.: Лига-Принт, 2017. – с. 140.
2. Байден в Давосе предупредил человечество об угрозе потерять душу [Электронный ресурс] /РБК. - Режим доступа: <https://www.rbc.ru/politics/20/01/2016/569fd32c9a7947181f2c4fa1>;
3. Корпорация Илим Палп. Формула Целлюлозы//Наука и Техника, 2007. – С. 38-47.
4. Нестеренко Е. А., Козлова А. С. Направления развития Цифровой экономики и Цифровых технологий в России //Экономическая безопасность и качество. – 2018. – №. 2 (31).
5. АBB [Электронный ресурс] /АBB. - Режим доступа: <https://new.abb.com/>.
6. Discover our business [Электронный ресурс] /Andritz Group. - Режим доступа: <https://www.andritz.com/group-en>.
7. Inspiring Technology for Generations [Электронный ресурс] /Voith. - Режим доступа: <http://voith.com/corp-en/index.html>.
8. Siemens [Электронный ресурс] /Siemens. - Режим доступа: <https://new.siemens.com/us/en.html>;
9. Sohail Nazari. Things you should know about The Industrial Internet of Things (Industrial IoT) //Andritz. – 2018. -с. 12.
10. Technologies, Services and Automation For [Электронный ресурс] /Valmet Forward. - Режим доступа: <https://www.valmet.com/>.
11. Turn your challenges into opportunities [Электронный ресурс] /SAP. - Режим доступа: <https://www.sap.com/index.html>.
12. What is digital transformation? [Электронный ресурс] /The Enterprisers Project. – Режим доступа: <https://enterprisesproject.com/what-is-digital-transformation#q1>.
13. Your sales team runs on trust [Электронный ресурс] /IBM. - Режим доступа: <https://www.ibm.com/us-en/>.

© А.В. Чагаев, В.И. Сидельников, 2020

МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЯНЫХ ШЛАМОВ

магистрант гр. ЗТВТМ-1-17 **Камалова Гульнур Ильдусовна**,
науч. руководитель: д-р техн. наук, проф. **Зверева Эльвира Рафиковна**
Казанский государственный энергетический университет
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация: Опасными загрязнителями окружающей среды являются нефтесодержащие отходы – нефтешламы. Сбор и накопление нефтешлама вызывают серьезные экологические проблемы. В статье определены физико-химические показатели нефтяного шлама. Рассмотрены различные методы утилизации нефтешлама, применяемые на сегодняшний день, а также их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: нефтяной шлам, утилизация, методы утилизации, отходы.

METHODS OF OIL SLUDGE UTILIZATION

Kamalova Gulnur Idusovna,
Zvereva Elvira Rafikovna

Abstract: Dangerous environmental pollutants are oil-containing waste-oil sludge. The collection and accumulation of oil sludge causes serious environmental problems. The article defines the physical and chemical parameters of oil sludge. Various methods of oil sludge utilization used today, as well as their advantages and disadvantages, are considered.

Key words: oil sludge, utilization, utilization methods, waste.

Производственная деятельность нефтеперерабатывающих предприятий оказывает техногенное воздействие на окружающую среду. Нефтешлам является одним из крупных отходов производства, и разработка экологически чистых методов утилизации является актуальной проблемой.

Нефтяной шлам – это отходы, возникающие на всех этапах добычи, транспортировки и переработки нефти и представляют собой многокомпонентную стабильную агрегатную систему. Они наносят серьезный урон окружающей среде, поскольку помимо нефти, глины, песка, воды содержат много токсичных и подлежат захоронению или переработке [1, с. 98].

Основной причиной образования нефтешлама является физико-химическое взаимодействие нефтепродуктов с влагой, кислородом воздуха и механическими примесями. В результате протекают окислительные процессы исходных нефтепродуктов с образованием смолоподобных соединений. Химический состав нефтешлама приведен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав нефтешлама

Название компонента	Количество, масс. %			
	Нефтешлам	органические составляющие	влага	сера
	72	10,2	1,8	1,6

В процессе хранения нефтесодержащие отходы расслаиваются. Процентное содержание слоев представлено в таблице 2:

Таблица 2. Содержание слоев нефтешлама

Наименование	Вода, %	Механические примеси	Нефтепродукты	Твердая фаза
Верхний слой	90 – 95	5	–	–
Средний слой	70 – 80	5 – 15	15 – 20	–
Донный осадок	3 – 10	52 – 88	–	45

В зависимости от способа образования и физико-химического состава нефтяные шламы подразделяются на несколько групп:

- придонные – образуются на дне водоёмов после произошедшего разлива нефти;
- образующиеся при бурении скважин буровыми растворами на углеводородной основе;
- резервуарные – при хранении и перевозке углеводородов в емкостях разной конструкции;
- грунтовые – являются продуктом соединения почвы и пролившейся на нее нефти (причиной этого может быть прорыв нефтепровода) [2, с.7].

Согласно с действующим природоохранным законодательством по Федеральному классификационному каталогу отходов, нефтяной шлам относится к 3 классу опасности. Поэтому нефтешлам нельзя утилизировать методом захоронения на полигонах ТБО (ТКО). Переработку и утилизацию нефтяных шламов применяют после извлечения полезных продуктов. На сегодняшний день применяют следующие методы утилизации нефтяных шламов:

1. Термический метод утилизации нефтешлама - классифицируется на:

- сжигание в открытых амбарах;
- сжигание в печах;
- термическая сушка;
- пиролиз.

В результате термической переработки нефтешлама получают полукокс (31 %), жидкий пиролизный продукт (44 %) и синтез-газ (25 %). Основным термическим методом утилизации является сжигание. Условия протекания процесса - температура 800 – 1200 °С при избытке кислорода.

К недостаткам термического метода относятся большие затраты по очистке и нейтрализации дымовых газов, неполное сгорание нефтепродуктов, приводящие к потере нефти, высокая опасность загрязнения атмосферного воздуха токсичными продуктами сгорания [3, с. 4].

2. Физический метод утилизации нефтешлама – предусматривает переработку нефтешлама центрифугированием или гравитационным отстаиванием. Физические методы не требуют больших затрат, но имеют низкую эффективность разделения, так как большинство нефтешламов представлены трудноразделимыми эмульсиями.

Лидерами, поставляющими оборудование для центробежного удаления нефтешлама, выступают GN Solids Control, Компания ГЕА (Россия), Wsenergy (Германия) и т.д.

Основными преимуществами метода являются компактность оборудования и возможность полной автоматизации.

3. Химический метод утилизации нефтешлама. Основан на затвердевании путем диспергирования с гидрофобными реагентами (например, негашеная известь). Применение таких реагентов обуславливают их способность вступать в экзотермическую реакцию с водой и в результате получить гидрофобный порошок, который может быть использован в дорожном строительстве. Недостатками данного метода являются необходимость применения специального оборудования и значительного количества реагентов.

4. Физико-химический метод утилизации нефтешлама. При переработке нефтешлам подвергается подогреву, разделению на составные части и применению деэмульгаторов.

Недостатками данного метода выступают:

- высокие стоимости применяемых поверхностно активных веществ, деэмульгаторов;
- необходимость применения специальных дозирующих устройств;
- образование не утилизируемых твердых отходов.

5. *Биологический метод утилизации нефтешлама.* Данный метод заключается в том, что микроорганизмы превращают углеводороды в более простые соединения, накапливают органические продукты и вовлекают их в круговорот углерода.

Биоразложение путем смешивания нефтешлама в пахотный слой земли и с применением специальных бактерий, биогенных добавок требуют незначительных капитальных затрат, но предусматривают длительный процесс переработки отходов, также возникает опасность загрязнения почвы вредными соединениями.

При использовании данного метода утилизации возможно применение реакторов, которые оборудованы системой нагрева и специальной насадкой для закрепления анаэробной «ассоциации» микроорганизмов. В результате деятельности микроорганизмов образуется газ и поверхностно-активные вещества, которые способствуют осаждению механических примесей.

Исходя из вышерассмотренных методов утилизации нефтешлама, наиболее перспективным являются комбинированные методы утилизации, которые включают в себя обезвоживание, обессоливание и пиролиз [4, с. 10].

Список использованной литературы

1. Ахметов А.Ф., Гайсина А.Р., Мустафин И.А. Методы утилизации нефтешламов различного происхождения // Нефтегазовое дело, 2011. № 3. – С. 98 – 101.
2. Мазлова Е.А., Мещеряков С.В. Проблема утилизации нефтешламов и способы их переработки: учебное пособие. – М.: Ноосфера, 2001. – 52 с.
3. Хуснутдинов И.Ш., Сафиуллина А.Г., Заббаров Р.Р., Хуснутдинов С.И. Методы утилизации нефтяных шламов // Известия высших учебных заведений, 2015. – № 10. – С. 3 – 20.
4. Хайдаров Ф.Р., Хисаев Р.Н., Шайдаков В.В., Каштанова Л.Е. Нефтешламы. Методы переработки и утилизации: монография. – Уфа, 2003. – 74 с.

© Г.И. Камалова, Э.Р. Зверева, 2020

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

канд. техн. наук, доцент **Волков Юрий Витальевич**
Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация: Периодичность ремонта объектов теплоэнергетики носит плановый характер и устанавливается нормативно-технической документацией на объект. Неплановый ремонт (т.е. не регламентированный нормативно-технической документацией) осуществляется для устранения последствий отказов. Никто не отрицает положительные стороны плановых ремонтов. Однако повсеместное нарекание вызывает существенный недостаток – большое количество объектов или их элементов, находившихся в работоспособном состоянии, ремонт которых был проведен с большим запасом ресурса. Следовательно, материальные затраты на проведение ремонтов могли бы быть меньше. Поэтому актуальной задачей для контроля и определения технического состояния объектов теплоэнергетики является применение методов их диагностирования. Вопрос даже более конкретизирован, а именно: необходимо применение таких методов, которые бы позволили определять техническое состояние объектов без разборки в период использования по назначению.

Ключевые слова: объект теплоэнергетики, метод диагностирования, диагностическая информация, система технического диагностирования, информационно-измерительная система.

PROBLEMS OF CREATING DIAGNOSTIC SYSTEMS FOR TECHNICAL OBJECTS OF HEAT POWER ENGINEERING

Volkov Yuri Vitalievich

Abstract: The frequency of repair of heat power facilities is planned and established by the regulatory and technical documentation for the object. Unscheduled repairs (i.e. those that are not regulated by regulatory and technical documentation) are carried out to eliminate the consequences of failures. No one denies the positive aspects of planned repairs. However, widespread criticism is caused by a significant drawback – a large number of objects or their elements that were in working condition, the repair of which was carried out with a large resource reserve. Therefore, the material costs of repairs could be less. Therefore, an urgent task for monitoring and determining the technical condition of heat power facilities is the use of methods for their diagnosis. The question is even more specific, namely: it is necessary to use such

methods that would allow you to determine the technical condition of objects without disassembly during the period of use for its intended purpose.

Keywords: heat power facility, method of diagnosis, diagnostic information, the system of technical diagnostics, information and measurement system.

Применение безразборных методов диагностирования объектов теплоэнергетики позволяет предотвратить внезапность отказов. Однако нельзя с уверенностью утверждать, что при этом момент начала ремонта наступит позже запланированного. Только решение задачи прогнозирования может с определенной долей уверенности ответить на этот вопрос. Следовательно, говоря о ремонте по техническому состоянию, можно судить лишь об объеме этого ремонта в определенный момент времени.

Очевидно, что к методам технического диагностирования относят как методы получения информации (тестовые и функциональные [1]), так и методы обработки диагностической информации, использующие полученную информацию для решения задач определения и прогнозирования технического состояния, или поиска дефекта. Поэтому процесс определения технического состояния осуществляется объединением указанных методов, что возможно только при использовании систем технического диагностирования (СТД) [2].

Разработка СТД осуществляется в следующем порядке [3]:

- изучается объект диагностирования;
- выбирается метод получения диагностической информации;
- создается диагностическая модель по каждому дефекту;
- разрабатывается диагностическая таблица;
- составляется алгоритм диагностирования;
- подбираются средства диагностирования;
- создается СТД.

Для реализации СТД требуется ввести аппаратную и информационную избыточность. При этом следует помнить о массогабаритных характеристиках, которые в отдельных случаях могут оказать решающее значение. Главными показателями качества СТД являются гарантируемые полнота обнаружения и глубина поиска отказа [4, 5]. Основная проблема при разработке СТД состоит в получении адекватной оценки работоспособности объекта. Поэтому выделяют основную задачу – оперативное получение достоверной информации.

Достоверность информации обеспечивается минимизацией показателей диагностирования [6], таких как:

- вероятность необнаруженного отказа;
- вероятность ложного отказа.

Современные СТД реализуются в виде информационно-измерительных систем (ИИС) [7, 8].

Средства диагностирования, входящие в ИИС, должны легко сопрягаться друг с другом без дополнительных устройств, т.е. обладать совместимостью. Различают шесть видов совместимости [9]:

1. Энергетическая – по трём видам используемой энергии: электрической, пневматической, гидравлической.
2. Функциональная. Изделия должны быть взаимоувязаны для совместной работы.
3. Метрологическая. Должна быть обеспечена сопоставимость метрологических характеристик в измерительном тракте, составленном из нескольких приборов.
4. Конструктивная. Должны быть обеспечены единая форма и стиль конструктива и механических соединений.
5. Эксплуатационная. Должны быть сопоставимы характеристики надёжности, стабильности, степени влияния внешних факторов.
6. Информационная. Должна быть обеспечена согласованность входных и выходных сигналов по виду, диапазону изменения, порядку обмена сигналами между узлами и внешней средой. Структура ИИС зависит от способа управления – децентрализованного или централизованного, а также определяется способом соединения узлов между собой и с управляющим устройством.

Современный процесс обработки диагностической информации основан на цифровизации диагностической информации: записи аналогового сигнала, перевода его в цифровой вид и дальнейшей цифровой обработке. Запись и оцифровка аналогового сигнала производятся при помощи датчиков и аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Датчики и АЦП имеют свои характеристики, которые оказывают решающее значение на полноту диагностической информации [10]. Поэтому необходимо очень тщательно произвести подготовку измерительного тракта для получения сигнала в цифровом виде, где выходные сигналы датчиков подвергаются таким операциям, как: фильтрация, масштабирование, линеаризация, свертка, спектральный анализ и т.п. [11]

Обобщенная структура ИИС представлена на рисунке 1.

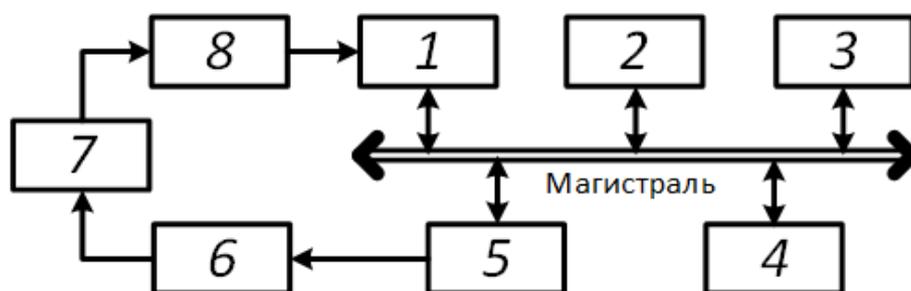


Рисунок 1. Обобщенная структура ИИС

Информация о состоянии объекта 7 с помощью датчиков 8 в виде аналоговых сигналов попадает в средство измерения и преобразования 1, где

подвергается оцифровке. Затем сигналы в цифровой форме передаются через магистраль на цифровые средства обработки и хранения информации, а также на средства отображения информации для индикации и регистрации. Устройство формирования управляющих воздействий 5 через исполнительные устройства 6 воздействует на объект 7 для регулирования, контроля, тестирования и т.п.

В качестве средства измерения и преобразования информации в ИИС применяют различные устройства: специализированные вычислительные устройства, микропроцессоры, универсальные ЭВМ. В последнем случае на ЭВМ возлагают и функции устройства управления. Показанная структура СТД позволяет создавать системы диагностирования технических объектов теплоэнергетики, построенные на единой методологической, аппаратной и программной базе.

Список использованной литературы

1. Клюев В.В., Пархоменко П.П., Абрамчук В.Е. и др. Технические средства диагностирования: справочник; под общ. ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1989.
2. Мозгалевский А.В., Калявин В.П. Системы диагностирования судового оборудования: учеб. пособие. – Л.: Судостроение, 1987.
3. Надежность и эффективность в технике: справочник / под ред. В.В.Клюева, П.П.Пархоменко. Т.9. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1987.
4. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. – М.: Госстандарт СССР, 1989.
5. ГОСТ Р 53480-2009. Надежность в технике. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2010.
6. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
7. Биккенин Р.Р., Чесноков М.Н. Теория электрической связи. – М.: Академия, 2010.
8. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003.
9. Ерёменко В.Т. и др. Техническая диагностика электронных средств: учебник для высшего профессионального образования. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госунiversитет - УНПК», 2012.
10. Волков Ю.В. Подготовка оцифровки вибросигналов циклических машин // Наука и образование: проблемы и тенденции развития: материалы IV Международной научно-практической конференции. – Уфа: РИО ИЦИПТ, 2016. - С. 56.
11. Смит С. Цифровая обработка сигналов: практическое руководство для инженеров и научных работников / пер. с англ. А.Ю. Линовича, С.В. Витязева, И.С. Гусинского. – М.: Додэка-XXI, 2012.

© Ю.В. Волков, 2020

СВОЙСТВА РАБОЧЕГО ВЕЩЕСТВА СОЛНЕЧНЫХ СИСТЕМ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

студентка гр. 49 ж **Полозкова Анастасия Петровна**,
науч. руководитель: канд. техн. наук, доцент **Финиченко Александра Юрьевна**
Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)
г. Омск, Российская Федерация

Аннотация: В статье рассматривается вопрос применения солнечных коллекторов в сибирском регионе. Приведена методика расчета выработки тепловой энергии с использованием солнечного коллектора. Выполнен технико-экономический расчет солнечного коллектора. Рассмотрены свойства рабочего вещества солнечных систем при изменении температуры окружающей среды.

Ключевые слова: солнечный коллектор, солнечная энергия, система отопления, горячее водоснабжение, тепловая энергия, рабочее вещество.

PROPERTIES OF WORKING SUBSTANCE OF SOLAR SYSTEMS WHEN CHANGING AMBIENT TEMPERATURE

Polozkova Anastasia Petrovna,
Finichenko Aleksandra Yurievna

Abstract: The article discusses the use of solar collectors in the Siberian region. A method for calculating the production of thermal energy using a solar collector is presented. A feasibility study of the solar collector has been completed. The properties of the working substance of solar systems with a change in ambient temperature are considered.

Keywords: solar collector, solar energy, heating system, hot water supply, thermal energy, working substance.

Активное использование альтернативных источников энергии относится к одному из главных направлений развития современной энергетики. Насущная необходимость решения этого вопроса является инженерной, экономической и экологической задачей. В России, в ее климате характерны значительные затраты на энергоресурсы. Не слишком высокая энергетическая эффективность, большие расходы на транспортную логистику приводят к экологическим и экономическим проблемам, поэтому нужно разрабатывать и внедрять альтернативные варианты. Последствия эксплуатации традиционных систем теплоснабжения – это термодинамические потери. Рост расходов, которые рассчитаны на эксплуатацию тепловых сетей и котельных. Кроме

перечисленных затрат эти объекты довольно часто являются причиной аварий, а это, в свою очередь, требует также и экономического решения проблем. Суммарная протяженность тепловых сетей в России равна около 650 тыс. км. Сегодня существует необходимость заменить более 300 тыс. км магистральных сетей. Если рассматривать параметр удельной аварийности для одного километра трубопровода диаметром 500 мм и более, то он равняется одной аварии в год, а для труб меньшего диаметра этот параметр равен не менее шести аварий в год. Главная проблема, которая не дает достаточно широко внедрять солнечную энергию в практическое энергоснабжение, заключается в том, что в Сибирском регионе большой перепад температур летом и зимой, суровый климат и пасмурные дни снижают КПД коллекторов гелиоустановки. Использование возобновляемых источников энергии в автономных системах отопления предполагает денежные затраты только на приобретение и установку такой системы, на ее техническое обслуживание. На сегодня солнечные коллекторы стали наиболее эффективными приборами, которые используют солнечную энергию. Например, классическая солнечная фотоэлектрическая батарея показывает эффективность лишь на уровне до 18 %, в то время как солнечный коллектор для отопления может достигать КПД до 95 %.

Город Омск расположен на юге Западно-Сибирской равнины, относится к умеренной климатической зоне с континентальным климатом лесостепи Западно-Сибирского пояса, основное значение имеют воздушные массы арктического происхождения. Расположение Омской области на обширной низменной равнине в центре Азиатского материка, вдали от океанов и морей, открытость ее территории, как с севера, так и с юга обуславливает формирование климата под достаточно сильным воздействием физических свойств суши. Летом быстро и сильно прогревается, а зимой также быстро охлаждается. Самый солнечный месяц – июнь, самый пасмурный – ноябрь. Средние температуры в году колеблются от -31°C до $+23^{\circ}\text{C}$ (табл. 1). Наиболее характерными особенностями Омской области являются сравнительная суровость и континентальность климата. О суровости климата говорит продолжительность зимнего периода: низкие зимние температуры, частые похолодания в весенний и осенний периоды. Также для расчета эффективности солнечного коллектора большую роль играет облачность. Рассеянное излучение, то есть отражённое от поверхности земли, воды и облаков, не теряется. Солнечный коллектор его также хорошо воспринимает. Доля рассеянного излучения в суммарном может превышать 50 % даже в пасмурный день, когда солнца не видно, коллектор всё равно работоспособен. Максимальную производительность от солнечного коллектора можно получить, расположив его плоскость перпендикулярно солнечным лучам. Но в течение дня солнце движется по небосклону, и эффективность коллектора изменяется. Меняется положение солнца и в течение года.

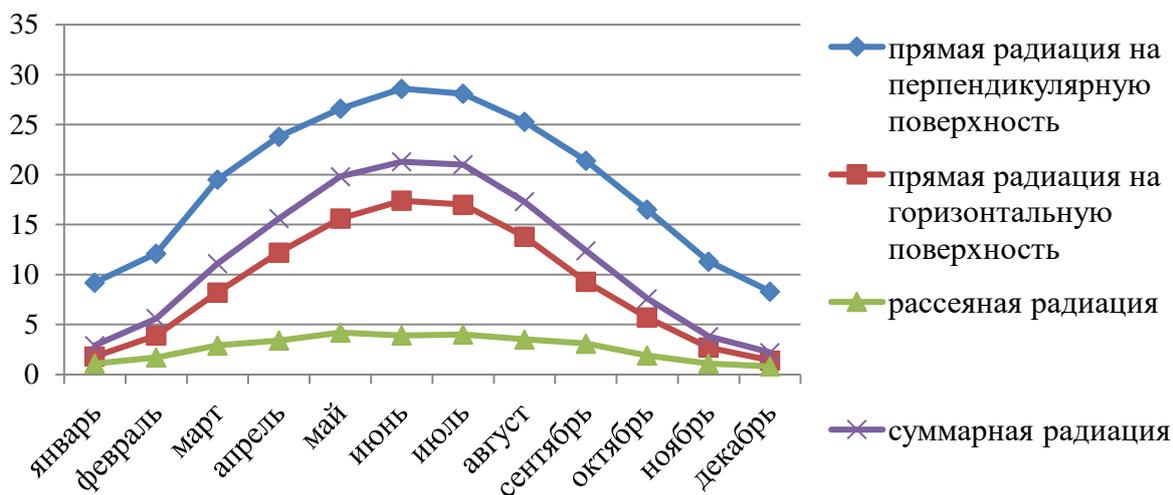


Рисунок 1. Месячные суммы радиации (ккал/см²) при ясном небе (2018 – 2019 гг.)

От высоты солнца зависит возможная интенсивность притока солнечной радиации: чем больше высота солнца, тем меньший слой атмосферы проходят солнечные лучи, тем меньше они поглощаются и рассеиваются атмосферой, поэтому интенсивность притока радиации увеличивается.

Таблица 1. Среднемесячное дневное поступление суммарной солнечной энергии на поверхность Земли E_0 , МДж/(м²·день) для широты 54,99°

Город	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
Омск	0,69	1,37	3,02	4,08	5,05	5,48	5,01	4,29	2,93	1,44	0,8	0,62	2,91
Среднегодовое дневное поступление												3,14	

Увеличение прозрачности наблюдается в зимние месяцы, а ее уменьшение в летние. Такая закономерность вызвана изменением содержания в атмосфере водяного пара и аэрозолей. Значительная доля полученной тепловой энергии приходится на летний период, в который полностью отсутствует потребность в отоплении, поэтому имеет смысл применение системы солнечного коллектора для покрытия нужд тепловой энергии на ГВС в этот период.

Теплофизические свойства рабочего вещества солнечного коллектора

В качестве рабочего вещества в солнечных коллекторах обычно принимается рабочее вещество пропиленгликоль или этиленгликоль. При низких температурах окружающей среды и в ночное время суток, когда нет солнечного излучения на солнечные коллекторы, а, следовательно, нет передачи теплоты в баки-аккумуляторы, температура горячей воды в системе снижается и теплота, расходуемая на ГВС, уменьшается. Необходимо изучить, как меняется

температура и вязкость рабочего вещества в зависимости от снижения температуры окружающей среды. Температура замерзания пропиленгликоля (этиленгликоля) зависит от концентрации водного раствора. В таблице 2 представлены значения температуры замерзания водных растворов выбранных рабочих веществ в зависимости от их концентрации.

Таблица 2. Температура замерзания водных растворов этиленгликоля и пропиленгликоля

Массовая концентрация гликоля, %	Этиленгликоль, °С	Пропиленгликоль, °С
10	– 3	– 3
15	– 5	– 5
20	– 8	– 7
25	– 11	– 10
30	– 14	– 13
40	– 22	– 21
50	– 34	– 33
60	– 48	– 51

При изменении температуры этиленгликоля (пропиленгликоля) существенно изменяются их физические свойства. В таблице 3 представлены значения изменения физических свойств водного раствора этиленгликоля в зависимости от температуры.

Таблица 3. Физические свойства водного раствора этиленгликоля

Температура раствора, t, °С	Плотность, ρ, кг/м ³	Теплоемкость, с, КДж/кг·К	Теплопроводность, λ, Вт/м·К	Динамическая вязкость, μ, мПа·с	Кинематическая вязкость, ν, мм ² /с
-40	1108	3,04	0,416	110,8	100
-20	1100	3,11	0,409	27,5	25
0	1092	3,19	0,405	10,37	9,5
20	1082	3,26	0,402	4,87	4,5
40	1069	3,34	0,398	2,57	2,4
60	1057	3,41	0,394	1,59	1,5
80	1045	3,49	0,39	1,05	1
100	1032	3,56	0,385	0,722	0,7

Увеличение плотности и вязкости этиленгликоля при понижении температуры значительно изменяет потери напора, это, в свою очередь,

приводит к нарушению циркуляции теплообменных процессов в системе солнечных коллекторов. На рисунке 2 представлены графики зависимости падения напора в зависимости от температуры пропиленгликоля (этиленгликоля), то есть рабочего вещества.

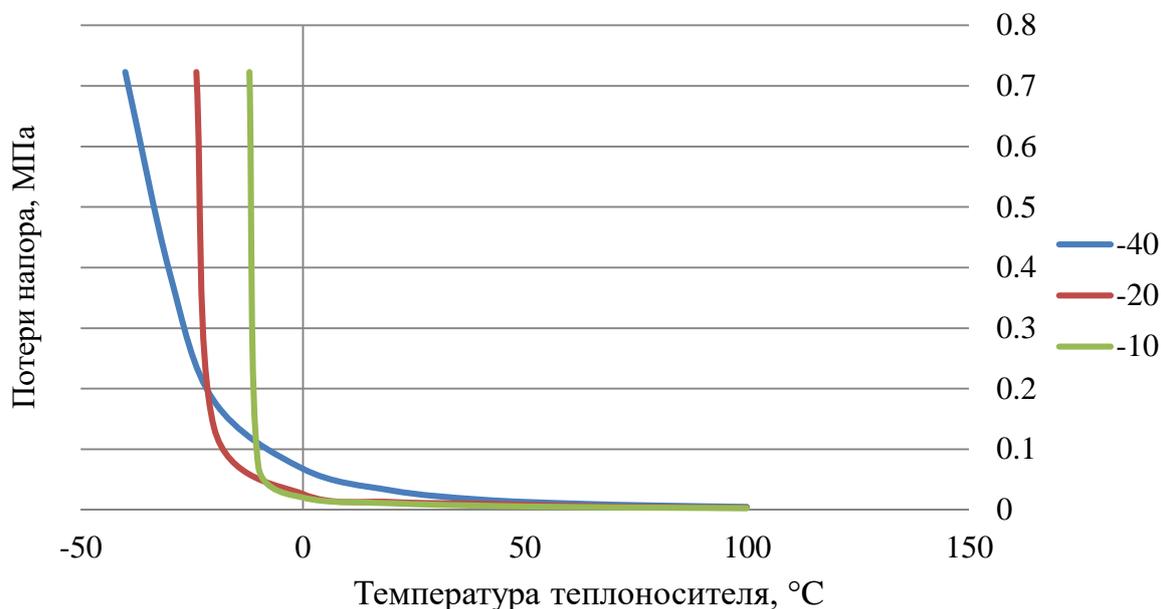


Рисунок 2. Графики зависимости падения напора в зависимости от температуры пропиленгликоля (этиленгликоля)

Учитывая значительное влияние температуры теплоносителя на его вязкость, необходимо уделять особое внимание гидравлическим расчетам и, в частности, диаметрам трубопроводов, соединяющих коллекторы. Для повышения гидравлической устойчивости тепловых схем предложены следующие мероприятия: разделить солнечные коллекторы на более мелкие группы 5 – 10 секций солнечных коллекторов, предусмотреть уклон трубопроводов и установку воздухоотводчиков с воздухосборниками. Воздухосборники дадут возможность ускорить процесс удаления газов и снизить влияние высоких температур на детали воздухоотводчиков.

Анализ особенностей работы солнечных коллекторов в системе ГВС позволили разработать дополнительные рекомендации при их применении:

- стабильное теплоснабжение возможно при наличии сторонних источников теплоты и электрической энергии;
- для оптимизации режима работы систему ГВС надлежит оборудовать дополнительными баками-аккумуляторами для аккумуляции излишков теплоты.

Повышенная вязкость водного раствора этиленгликоля или пропиленгликоля при отрицательных рабочих температурах приводит к достаточно серьезному возрастанию гидравлических потерь на трение в трубопроводах. Вдобавок значительное снижение до 18% теплоемкости и

теплопроводности раствора этиленгликоля требует увеличение скорости циркуляции в системе для того, чтобы должным образом обеспечивать передачу необходимой тепловой энергии .

Для повышения эффективности солнечного коллектора с помощью улучшений условий для рабочего вещества необходимо провести модернизацию установки: необходимо спроектировать дополнительно оборудование для условий отсутствия солнечной энергии или повышенном расходе горячей воды, в системе будет происходить дополнительный подогрев теплоносителя (рабочего вещества) при помощи электронагревателей, установленных в существующих баках-аккумуляторах. Также необходимо внести в проект солнечного коллектора дополнительные сооружения для циркуляции этиленгликоля или пропиленгликоля, тогда возможно добиться максимальной эффективной отдачи рабочего вещества и максимальной мощности, выработанной солнечным коллектором.

Список использованной литературы

1. Федоров В.Н. Солнечная радиация и климат Земли. –М.: Физматлит, 2018.- 324 с.
2. Дмитриева-Арраго Л. Р., Трубина М. А., Толстых М. А. Роль фазового состава облаков в формировании потоков коротковолновой и длинноволновой радиации// Труды Гидрометцентра России, 2017, (363).- С. 19-34.
3. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. - М.: Наука и Техника, 2011. - 320 с.
4. Cooper P. I. The absorption of radiation in solar stills // Solar Energy. 1969. Vol. 12, no. 3. P. 333–346. DOI: 10.1016/0038-092X(69)90047-4.
5. Интернет ресурс <http://portal-energo.ru/articles/details/id/941>.
6. Финиченко А.Ю., Тартачев А.А. Подбор оптимальных параметров системы солнечного коллектора на основе климатических данных для выбранной локации // Омский научный вестник, 2018. № 4 (160). -С. 88 – 93.

© А. П. Полозкова, А. Ю. Финиченко, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Дятлова Е.П., Телков А.А. (г. Санкт-Петербург) ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ПАЙКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ	3
Костарев В.С., Литвинов Д.Н., руководитель Ташлыков О.Л. (г. Екатеринбург) О ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ СБРОСНОЙ ТЕПЛОТЫ АЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ	6
Шилин М.В., руководитель Сидельников В.И. (г. Санкт-Петербург) ВЫБОР MES СИСТЕМЫ ДЛЯ ЦБК.	13
Карпеев Г.В., Первых В.В., руководитель Стариков А.П. (г. Омск) СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ	19
Рубежов Е.С., руководитель Ремизова И.В. (г. Санкт-Петербург) ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА РАБОЧИХ МЕСТ И ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	23
Дектяренко Г.А., руководитель Стрельников Н.А. (г. Новосибирск) РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.	27
Барановский В.В., Короткова Т.Ю., Петров А.Г. (г. Санкт-Петербург) АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГ И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.	32
Латыпова Д.М., Зверев Л.О., руководитель Зверева Э.Р. (г. Казань) СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ	40
Воропанова М.А., Ремизова И.В. (г. Санкт-Петербург) АНАЛИЗ ПОПУЛЯРНЫХ СРЕД ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ.	44
Ена И.П., руководитель Стародубцева О.А. (г. Новосибирск) ИНСТРУМЕНТЫ ПОДДЕРЖКИ И СТИМУЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ.	49
Верхоланцев А.А., Войтюк С.Е. (г. Санкт-Петербург) ДИАГНОСТИКА И МОНИТОРИНГ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ. .	53

Зубков И.С., руководитель Блинов В.Л. (г. Екатеринбург) РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛОПАТОЧНОГО АППАРАТА ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА ГТУ.....	60
Бахтин А.В., Слюта М.О. (г. Санкт-Петербург) РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБЕССОЛИВАНИЯ СЫРОЙ НЕФТИ.....	67
Штиб А.В., руководитель Ведрученко В.Р. (г. Омск) ГАЗОВЫЕ КОНДЕНСАТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА.....	72
Гебеков Р.С., Морева С.Л. (г. Санкт-Петербург) ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ. .	76
Хайбуллин Ф.Н., руководитель Митягин Г.Е. (г. Москва) ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА В СФЕРЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА.....	80
Ефремов В.М., руководитель Леонова Н.Л. (г. Санкт-Петербург) СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ В СИСТЕМЕ MS ACCESS ..	83
Аладаилах М.В., Серков И.А., руководитель Ташлыков О.Л. <i>(г. Екатеринбург)</i> О МЕСТЕ АЭС В РАЗВИТИИ ЭНЕРГЕТИКИ ИОРДАНИИ.....	90
Чагаев А.В., руководитель Сидельников В.И. (г. Санкт-Петербург) ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КАК ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ШАГ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. .	97
Камалова Г.И., руководитель Зверева Э.Р. (г. Казань) МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЯНЫХ ШЛАМОВ.....	104
Волков Ю.В.. (г. Санкт-Петербург) ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ.....	108
Полозкова А.П., руководитель Финиченко А.Ю. (г. Омск) СВОЙСТВА РАБОЧЕГО ВЕЩЕСТВА СОЛНЕЧНЫХ СИСТЕМ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	112

Научное издание

ЭНЕРГЕТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

**Материалы ежегодной
III Всероссийской научно-практической конференции
обучающихся и преподавателей
Часть II**

(Санкт-Петербург, 3 июня 2020 г.)

Редактор и корректор Т.А. Смирнова
Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2020 г., поз.75

Подп. к печати 10.06.2020 г. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1
Печать офсетная. Печ. л. 7,75. Уч.-изд. л. 7,75. Тираж 30 экз. Изд.№.75
Цена «С». Заказ

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095,
Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.