Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Министерство образования и науки Республики Татарстан

Благотворительный фонд «Надежная смена»

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Казанский государственный энергетический университет»

МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2020 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

28–29 апреля 2020 г.

Материалы конференции

В трех томах

Том 2

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Под общей редакцией ректора КГЭУ
Э.Ю. Абдуллазянова

Казань
2020

УДК 620.9:004
ББК 31.3
М43

Рецензенты:

канд. техн. наук, зав. кафедрой «Электрические станции»
ФГБОУ ВО «СамГТУ» доц. А.С. Ведерников;

д-р техн. наук, проректор по НР ФГБОУ ВО «КГЭУ» И.Г. Ахметова

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор), И.Г. Ахметова (зам. гл. редактора),
А.Г. Арзамасова

М43 **Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация».** В 3 т. Т. 2. Теплоэнергетика: матер. конф. (Казань, 28–29 апреля 2020 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2020. – 442 с.

ISBN 978-5-89873-568-5 (т. 2)
ISBN 978-5-89873-566-1

Представлены материалы Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация», в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области теплоэнергетики по следующим научным направлениям: инновационные технологии на ТЭС и ЖКХ; промышленная теплоэнергетика, эксплуатация и надежность энергоустановок и систем теплоснабжения; технология воды и топлива, котельные установки и парогенераторы; ресурсо- и энергосбережение, энергетическая эффективность; автоматизация технологических процессов и производств; теплофизика; экологические проблемы водных биоресурсов.

Предназначены для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Материалы публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 620.9:004
ББК 31.3

ISBN 978-5-89873-568-5 (т. 2)
ISBN 978-5-89873-566-1

© Казанский государственный энергетический университет, 2020

Секция 1. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТЭС И ЖКХ

УДК 62-2, 62-7

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

Аверьянова А.А.[1], Водениктов А.Д.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]annaannaaver@gmail.com, [2]vodhan@mail.ru
Науч. рук. Минибаев А.И.

Проводится анализ существующих методов оценки перетоков воздуха в регенеративных воздухоподогревателях (РВП), предложен новый алгоритм, позволяющий оценивать их состояние.

Ключевые слова: регенеративный воздухоподогреватель, перетоки, оценка, присосы, алгоритм, котлы.

Воздухоподогреватель является неотъемлемой частью современной котельной установки. Задачей воздухоподогревателя является возвращение тепла в топку котла, отданного дымовыми газами, за счет чего повышается КПД котла и станции в целом.

Воздухоподогреватели принято делить на два типа: рекуперативный (рис. 1) и регенеративный (рис. 2).

Рекуперативные воздухоподогреватели представляют из себя теплообменник из тонкостенных труб, по которым движутся дымовые газы, а в межтрубном пространстве – нагреваемый воздух. В регенеративных воздухоподогревателях (РВП) теплообмен происходит путем вращения теплообменной поверхности через газовую и воздушную части.

Для обеспечения газоплотности и предотвращения перетоков воздуха в газовую часть применяют систему уплотнений, состоящую из периферийных, аксиальных и радиальных уплотнений.

Показателем качества работы РВП является величина присосов воздуха, которая, согласно [1], не должна превышать 25 % при регенеративном подогреве воздуха.

Повышение экономичности и контроль состояния РВП является важной и актуальной задачей, поскольку качество работы вспомогательного оборудования влияет на работоспособность основного оборудования.

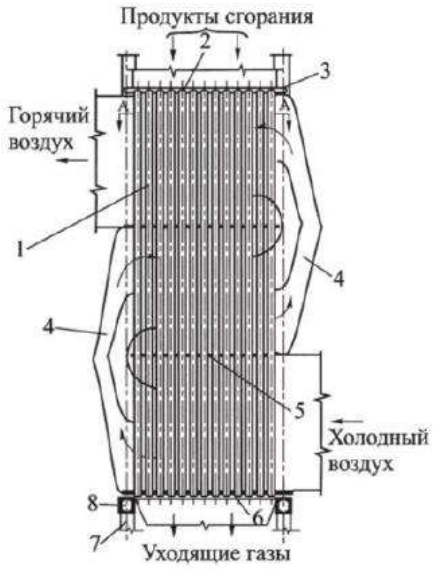


Рис. 1. Трубчатый воздухоподогреватель: *1* – стальные трубы; *2*, *6* – верхняя и нижняя трубные доски; *3* – компенсатор тепловых расширений; *4* – воздухоперепускной короб; *5* – промежуточная трубная доска; *7*, *8* – опорная рама и колонны

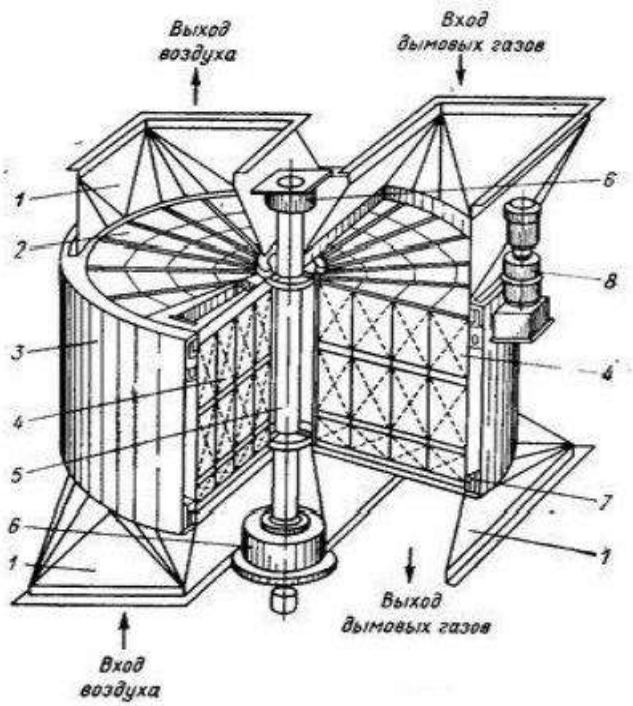


Рис. 2. Регенеративный воздухоподогреватель: *1* – короб; *2* – барабан; *3* – корпус; *4* – набивка; *5* – вал; *6* – подшипник; *7* – уплотнение; *8* – электродвигатель

Традиционно, оценка перетоков воздуха производится по значению коэффициента избытка воздуха, который определяют на входе и выходе РВП.

Наиболее распространенный метод, позволяющий рассчитать величину присосов, описан в литературе [2]. Данный метод является конструкторским расчетом и, исходя из проектирования РВП, позволяет определить его эксплуатационные характеристики. Этот метод отличается своей простотой, но не учитывает изменение характеристик во время работы РВП (температурные расширения, рост гидравлического сопротивления).

Следующий метод, определяющий эффективность работы РВП, основан на оценке температурных напоров [3]. В данном методе для расчета используется температура на входе и выходе для дымовых газов и воздуха. Такой метод является доступным и простым, но не учитывает перетоки воздуха, что является существенным недостатком.

Существует метод, основанный на оценке токовой нагрузки. В основе этого метода лежит анализ токовой нагрузки РВП и тягодутьевых механизмов. Он отличается своей универсальностью и отсутствием вычислений.

Авторами предлагается метод, который на основе полученных данных (ручной ввод или интеграция из АСУ ТП) позволяет рассчитать эффективность работы РВП. Для данного алгоритма исходными данными являются температуры на входе и выходе РВП для дымовых газов и первичного воздуха, а также расход топлива на котел. При необходимости в данном алгоритме конструктивные параметры РВП могут изменяться. В этом алгоритме температура газов из РВП рассчитывается с учетом поправки на величину присосов.

Представленные методы позволяют оценивать и проводить мониторинг качества работы РВП. При своевременном реагировании на ухудшение работы РВП, экономический эффект от контроля эффективности работы может быть выражен, например, в снижении топливных затрат.

Литература

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации [Электронный ресурс]: утв. приказом Минэнерго РФ от 19 июня 2003 г. № 229. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант» (дата обращения: 23.01.2020).

2. Боткачик И.А. Регенеративные воздухоподогреватели парогенераторов. М: Машиностроение, 1978. 175 с.

3. Мониторинг тепловой эффективности регенеративного воздухоподогревателя РВП-54 / Р.Н. Валиев [и др.] // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2. С. 11.

УДК 536.27

ДЕЛЕНИЕ ДВУХФАЗНЫХ ПОТОКОВ В ЗОНЕ ВИХРЕВЫХ ЭФФЕКТОВ

Ахмедьянова К.Т.[1], Минибаев А.И.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]lagertta72@yandex.ru, [2]minibaev-a@list.ru

Посвящена изучению эффектов охлаждения в закрученных потоках. Данное явление способно создавать быстрое разделение сжатого газа на горячий и холодный потоки под действием центробежных сил.

В работе была использована система сжатого газа, с помощью которой получилось доказать наличие вихревого эффекта в трубе Ранка. Благодаря анализу литературных источников получилось найти несколько применений трубы Ранка в сферах жизни человека. Также, смогли рассчитать процесс работы установки в программе Solid Works и обнаружили интересные зависимости, связанные с работой вихревой трубы.

Ключевые слова: вихревая труба, вихревой эффект, Ранк, двухфазные потоки.

В науке существует много догадок и проблем, связанных с изучением вихревых эффектов. Так, например, по-прежнему актуальны задачи, с созданием мобильных, высокоэффективных охлаждающих устройств для понижения температуры помещений или ее стабилизации. В любом случае, установка должна быстро охлаждать потоки воздуха или жидкости. В термодинамике есть много примеров, связанных с поддержанием средней температуры: мембранная технология охлаждения фильтрования, вихревые эффекты циклонов. Но одной из неизученных, тем самым и заинтересовавших нас установок, на сегодняшний день остается труба Ранка, с ее помощью можно получать низкие температуры за короткий период времени и обладать зоной нагрева, не имеющей подвижных элементов в конструкции. Таким образом, данная работа создана с целью исследовать влияние вихревых эффектов при движении сжатых газов в закрученном потоке.

В 1931 г. инженер Ж. Ранк открыл вихревой эффект. Явление состоит в том, что при подаче сжатого газа в виде закрученного потока внутрь установки, он разделяется на две части, которые отличаются расходом подаваемого воздуха его температурой.

В начале французский ученый применял сопла-спирали с прямоугольным сечением канала во втулке. Они были ограничены коническими и цилиндрическими поверхностями, имели наклон канала по отношению к камере энергоразделения. Такие наклонные сопла были эффективны при работе с влажным газом. Но повышение характеристик вихревых труб можно наблюдать и на сухом газе [1] (рис. 1).

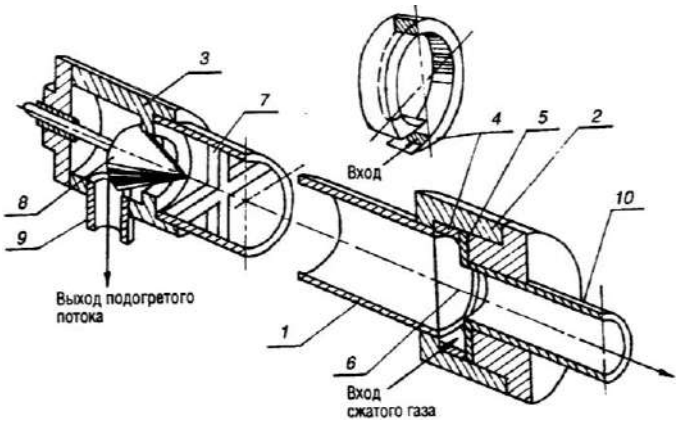


Рис. 1. Конструкция противоточной вихревой трубы: *1* – камера энергоразделения; *2* – корпус вихревой трубы; *3* – дроссельное устройство; *4* – закручивающий сопловой ввод; *5* – диафрагма; *6* – центральное отверстие для отвода охлажденного потока; *7* – развихритель в виде крестовины; *8* – регулирующий конус; *9* – трубка для отвода подогретых масс газа; *10* – сопловой вывод охлаждаемых потоков

Проведенные работы по созданию модели вихревой трубы помогли сделать выводы по поводу качеств реализуемой идеи.

Достоинства вихревых труб:

– простота конструкции, доступность обслуживания. Сравнительно малые габариты и вес;

– одновременно выполняется широкий комплекс процессов, происходящих в одном проточном объеме. Это позволяет выполнять сразу несколько функций, обеспечивая пользователя экономическим преимуществом;

– создание процессов нагрева и охлаждения, термостатирования, кондиционирования практически на каждом экологически чистом газе;

– потери на теплообмен можно заметно уменьшить, расположив установку около объекта или внутри самой конструкции.

Недостатки:

– отсутствие проверенных технических методик расчёта;

– вихревая труба может охлаждать только на короткий срок действия без ощутимых потерь в эффективности.

Создали тепловую трубу, чтобы доказать существование эффекта термоградиента температур под действием вихревого движения. Для этого была использована трубка из оргстекла, размерами 40×500 мм, внутри же находилась крестовина с возможностью ее перемещения по длине установки (рис. 2).

Рис. 2. Вихревая труба

Благодаря оценочному расчету видим, что доля нагрева соответствует тепловыделению при сопротивлении потоков друг с другом, в случае газовой трубы теплопроизводительность много больше, чем ее потеря на местных сопротивлениях.

При исследовании вихревого процесса подтвердили существование эффекта периферийного нагрева воздуха, экспериментально доказали не линейную интенсивность нагрева и выявили зависимость соотношений нагрева и охлаждения.

Данные устройства способны выполнять функции быстродействующих нагревателей и охладителей, не требуя технического облуживания в течение долгого времени, они способны быстро приходить в рабочее состояние.

Труба Ранка и доказанный в работе вихревой эффект имеют масштабные области применения, например, в аварийной системе охлаждения при тушении локальных пожаров или в системе поджога углеводородов при высоких температурах в двигателе технических устройств.

Литература

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М.: Изд-во «Машиностроение», 1968. 181 с.

2. Пиралишвили Ш.А. Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения: Монография / под ред. А.И. Леонтьева. М.: УНПЦ «Энергомаш», 2000. 412 с.

УДК 621.311.22

ТЕПЛООБМЕННИК РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ

Ахмедьянова К.Т.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
lagertta72@yandex.ru
Науч. рук. Минибаев А.И.

Целью работы является изучение теплоутилизаторов и способов их применения, анализ недостатков уже существующих конструкций и моделирование новой в САПР Solid Works.

Ключевые слова: теплообменник, теплоутилизатор, тепло, воздух, регенерация, вентилятор.

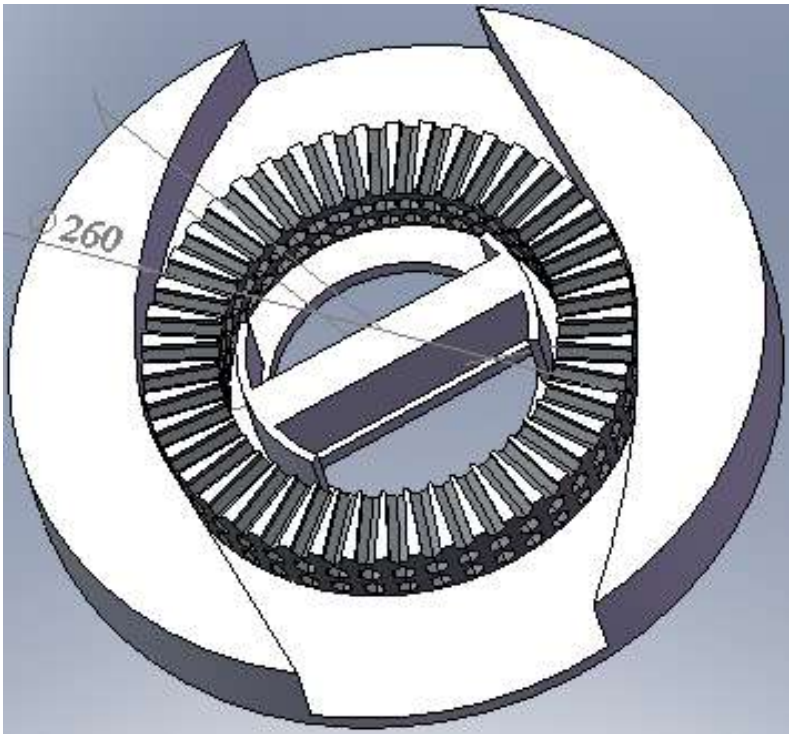
Сегодня существует много технологичных и современных направлений для увеличения эффективности систем теплофикации. Например, использование тепла для источников с низким потенциалом. Такие системы применяются в жилищно-коммунальном хозяйстве: осуществляют утилизацию тепла, теряемого с отработанным воздухом в системах вентиляции.

Теплоутилизаторы широко используются в сельском хозяйстве: в помещениях с животными; для хранения и сушки любой культуры. Еще они необходимы в промышленности, в сфере энергетики. Здесь регенеративный теплоутилизатор используется в системах утилизации тепла с низким потенциалом.

Теплообменники нашли свое применение и в использовании вторичных энергоресурсов. Часто можно встретить самые необычные конструкции непрерывного или периодического действия. Но уже существующие теплоутилизаторы имеют ряд недоработок: большая масса, высокая стоимость и периодичность работы, возможность выпадения конденсата и т. д.

Предлагаем установку, благодаря которой получилось существенно уменьшить возможные недостатки. Данный воздухонагреватель содержит корпус с патрубками для подвода и отвода воздуха. В корпусе находится ротор с возможностью вращения, состоящий из теплоаккумулирующей насадки в виде сот, расположенных под углом (см. рисунок). Такой наклон необходим, чтобы при вращении насадки обеспечивалась передача

кинетической энергии к теплоносителю, угол наклона определяется исходя из необходимого расхода теплоносителя, частоты вращения ротора и характерного размера каналов насадки, толщина стенки конструкции определяется прочностью и теплоаккумулирующей способностью, в корпусе в качестве уплотняющего узла, установлено динамическое уплотнение, препятствующее перетоку нагреваемого теплоносителя.



Теплоутилизатор с ячеистой насадкой

В конце работы обнаружили повышение технологичности с помощью использования сотовой конструкции теплоаккумулирующей насадки, обеспечения одинакового коэффициента теплопередачи и тепловой эффективности.

Литература

1. Теплообменники-утилизаторы на тепловых трубах / Л.Л. Васильев; под ред. Л.И. Колыхана. Минск: Наука и техника, 1987. 200 с.

2. Минин В.Е. Воздухонагреватели для систем вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Стройиздат, 1976. 199 с.

3. Ахмедьянова Е.Н. Теоретические исследования процесса сушки // Наука ЮУрГУ: матер. 68-й науч. конф. Челябинск, 2016. С. 881–887.

УДК 621.311.22

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДОСТОИНСТВ И НЕДОСТАТКОВ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН В ОТЛИЧИЕ ОТ ПЛОСКИХ МЕМБРАН В ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНЫХ УСТАНОВКАХ

Бабиков О.Е.[1], Чичирова Н.Д.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]olegsey1998@yandex.ru, [2]ndchichirova@mail.ru
Науч. рук. Власова А.Ю.

На данный момент профилированные ионообменные мембраны являются перспективной заменой традиционных плоских ионообменных мембран. В статье рассмотрены преимущества и недостатки современных профилированных ионообменных мембран в отличие от плоских мембран, применительно к электродиализным установкам.

Ключевые слова: ионообменные мембраны; профилированные мембраны; плоские мембраны; электродиализ; электродиализная установка.

На энергетических предприятиях особое внимание уделяется разработке и внедрению энергоэффективных ресурсосберегающих технологий, способствующих снижению потребления воды на собственные нужды, а также минимизации сбросов сточных вод. Наиболее перспективным является использование электромембранных установок, позволяющих не только исключить сбросы высокоминерализованных сточных вод водоподготовительных установок, но и возвращать в цикл дорогостоящие растворы щелочей.

В настоящее время в электромембранных установках обычно применяются пластиковые проставки вместе с сеткой-турбулизатором, необходимые для механической поддержки ионообменных мембран, а также для создания каналов, по которым будет протекать питательный раствор. Сетки-турбулизаторы обеспечивают активное перемешивание жидкости, снижая явление поляризации и увеличивая фактическую движущую силу.

Использование сетчатых проставок имеет и отрицательные аспекты: увеличивается перепад давления, необходимый для преодоления сопротивления мембранных модулей; возрастает электрическое сопротивление; снижается площадь эффективно используемой поверхности мембраны, уменьшается полезная мощность, экономичность и конкурентоспособность электродиализной установки.

Современные профилированные мембраны являются жизнеспособной альтернативой традиционным плоским мембранам. Профиль (или же микроструктура) может быть нанесен как на одной стороне, так и на обеих сторонах мембраны. Изготовленные термическим методом (с применением термопресса) мембраны из-за своей формы могут сами выполнять функцию турбулизатора, разделяющего поток жидкости. Профиль мембраны образует каналы, по которым протекает питательный раствор, сохраняя все химические и механические свойства плоских мембран [1].

Применение профилированных мембран, изготовленных из ионпроводящего материала, позволяет снизить электрическое сопротивление мембранного модуля. Другим важным преимуществом является снижение потерь на трение. Наблюдается рост числа Рейнольдса, что в свою очередь положительно сказывается на смешении жидкости и ведет к снижению времени пребывания питающего раствора внутри мембранного модуля, что приводит к увеличению мощности мембранных модулей для электродиализа.

В Европе многие ученые заинтересованы исследованием свойств профилированных ионообменных мембран, и множество экспериментов могут служить доказательством преимуществ данной технологии.

В своих исследованиях Кейт Скотт и Джусто Лобато [2] выяснили, что в диапазоне изменений числа Re от 50 до 1000, поток жидкости в каналах профилированных мембран был турбулентным, происходило нарушение и разрушение пограничного слоя, что приводило к росту массообмена [3].

Авторы [4] выдвинули эмпирическую гипотезу о том, что рост переноса массы происходил за счет стимулирования перемешивания в каналах профилированных мембран, по сравнению с использованием плоских мембран с сетками-турбулизаторами.

В работе Лэррчета [5] мембранный модуль с профилированными мембранами продемонстрировал меньшее гидравлическое сопротивление и более высокую скорость переноса массы по сравнению с плоскими мембранами. Кроме того, профилированные мембраны были эффективны в общем диапазоне исследованных концентраций, в то время как непроводящие проставки были эффективны только при концентрациях исходного раствора выше 0,002 моль.

Стратман [6] провел эксперименты по элекродиализу с профилированными мембранами, получив более низкое сопротивление мембранного модуля и более высокие предельные плотности тока, чем в модуле, снабженном плоскими мембранами и сетчатыми проставками.

Одним из главных преимуществ, которое не было упомянуто ранее, является увеличение эффективности ионного обмена на 40–45 % по сравнению с плоскими мембранами.

Литература

1. Zabolotskii V.I., Loza S.A., Sharafan M.V. Physicochemical properties of profiled heterogeneous ion-exchange membranes // Russian Journal of Electrochemistry. 2005. Vol. 41. Pp. 1185–1192.

2. Scott K., Lobato J. Mass transfer characteristics of cross-corrugated membranes // Desalination. 2002. Vol. 146. Pp. 255–258.

3. Hall D.W., Scott K., Jachuck R.J.J. Determination of mass transfer coefficient of a cross-corrugated membrane reactor by the limiting-current technique // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2001. Vol. 41. p. 2201–2207.

4. Description of mass transfer characteristics of ED and EDI apparatuses by using the similarity theory and compartmentation method / V.V. Nikonenko [et al.] // Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 2008. Vol. 47. Pp. 1118–1127.

5. Comparison of different ED stack conceptions when applied for drinking water production from brackish waters / C. Larchet [et al.] // Desalination. 2008. Vol. 222. Pp. 489–496.

6. Strathmann H. Electrodialysis, a mature technology with a multitude of new applications // Desalination. 2010. Vol. 264. Pp. 268–288.

УДК 621.311.22

ДЕАЭРИРОВАНИЕ ВОДЫ НА РАЙОННЫХ КОТЕЛЬНЫХ ДЛЯ НУЖД ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Баймяшкина О.С.[1], Яковлев Р.Н.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]olga010797@mail.ru, [2]forklamb@gmail.com
Науч. рук. Безруков Р.Е.

Рассматриваются вопросы повышение энергетической эффективности технологий термической деаэрации воды. Описывается проблема водоподготовки в системе центрального теплоснабжения многих городов России, а также приводятся примеры решения данных вопросов.

Ключевые слова: термическая деаэрация, деаэрационная установка, котельная, теплоснабжение, подпиточная вода, водоподготовка, фильтры, энергоэффективность.

Для значительного повышения уровня надежности и экономичности оборудования на ТЭС и котельных особое внимание уделяют степени защиты трубопроводов и поверхностей нагрева, омываемых водой, от коррозионно-агрессивных газов (кислорода и свободной углекислоты), что наиболее эффективно обеспечивается термической деаэрацией воды.

Целью современных исследований является повышение энергетической эффективности технологий термической деаэрации воды, а также переоснащение оборудования на районных котельных. Так как проблема удаления газов из подпиточной воды при существующей системе централизованного теплоснабжения не позволяет эффективно использовать систему водоподготовки. Это, в свою очередь, ведет к потерям в тепловых сетях коммунального теплоснабжения и выходу из строя магистральных сетевых трубопроводов, а состояние самого оборудования коммунального теплоснабжения в системе ЖКХ страны по статистике показывает, что до 50 % объектов требует капитального ремонта. На каждые 100 км тепловых сетей (ТС) ежегодно регистрируется в среднем 70 повреждений.

В системах централизованного теплоснабжения многих городов России используется открытая система теплоснабжения (двухтрубная), когда отопление и горячее теплоснабжение (ГВС) жилых районов совмещено. Водоподготовка в таких котельных обязательна, однако, система деаэрации воды неудовлетворительная. В этих системах приходится деаэрировать огромное количество подпиточной воды. Например, подпитка теплосети одного микрорайона г. Коломна достигает 290 $м^3$/ч, в котельной микрорайона Заречный г. Тулы – 450 $м^3$/ч, на ТЭЦ-1 г. Красноярска – 1200 $м^3$/ч [1].

Рекомендованные средства и способы регулирования термической деаэрации были представлены четыре-пять десятилетий назад, если речь идет об атмосферных деаэраторах, которые применяются на тепловых станциях, что не скажешь о деаэраторах, применяемых для деаэрации воды в районных котельных, которые устарели еще раньше. В настоящее время уровень реализации в них научных представлений о процессах деаэрации, и уровень использования современных технических возможностей не дают возможности для достаточно эффективной работы данного оборудования.

Более 90 % деаэрационных установок в системе ЖКХ и в промэнергетике не обеспечивают расчетного качества деаэрирования воды.

Выпускаемые деаэраторы используют способ экстенсивного тепломассообмена между деаэрирующей и деаэрируемой средами. Для эффективной деаэрации необходим способ интенсивного тепломассообмена.

Хорошие результаты дает применение комплексонатов в процессе водоподготовки. Если котельная не имеет паровых котлов, то полностью отказываются от использования катионитовых фильтров. Это упрощает эксплуатацию, экономит силы и средства. Однако комплексонат не нейтрализует полностью агрессивные свойства растворенного в воде кислорода. Поэтому, даже при использовании комплексонатов, необходима деаэрация воды, подаваемой в теплосеть. Большинство старых отопительных котельных, имеющих водогрейные котлы, располагают так же и паровыми котлами. Паровые котлы используются только для обеспечения деаэрации воды, так как в котельных установлены атмосферные деаэраторы, не способные работать без пара. Паровые котлы требуют обязательного умягчения воды в Na-катионитовых фильтрах. Паровые котлы работают, как правило, на малых нагрузках (только для выработки пара для деаэраторов) и при низком КПД (наблюдается перерасход топлива).

В котельной МУП «Энергия» г. Нововоронежа Воронежской обл. установлены водогрейные котлы ПТВМ-30 и паровые ДЕ-25. Для обработки подпиточной воды теплосети в последнее время стали эффективно использоваться комплексонаты, что позволило отказаться от использования катионитовых фильтров. Деаэрационная установка ДСА-200 атмосферного типа была реконструирована с переводом ее в вакуумный режим работы. Это позволило отказаться от использования паровых котлов и перевести их в водогрейный режим, отказаться от Na-катионитовых фильтров, применявшихся ранее для паровых котлов. Получена значительная экономия топлива и соли. Паровые котлы в водогрейном режиме стали работать с более высоким КПД. Ликвидированы потери конденсата и перерасход соли на регенерацию фильтров (ранее в деаэратор подавался пар на барботаж для нагрева воды до 104 °С, а образовавшийся конденсат уходил в теплосеть). В настоящее время деаэрационная установка работает в вакуумном режиме на «начальном эффекте», т. е. без подачи деаэрирующей среды в деаэратор. Деаэрируемую воду нагревают в водяном теплообменнике до 70–75 °С и подают в деаэратор [1].

Большой проблемой в промышленной энергетике, а особенно в энергетике коммунального хозяйства, является изношенность паровых котлов. Органы котлонадзора запрещают эксплуатацию изношенных паровых котлов из-за уменьшения толщины стенок барабанов от точечной кислородной коррозии. Однако котлы, снятые с регистрации в органах котлонадзора, вполне пригодны для эксплуатации в водогрейном режиме при температуре нагрева воды до 115 °С. Проектными организациями разработаны технологии перевода этих котлов в водогрейный режим с температурой нагрева воды до 115 °С. Такие котлы не подведомственны органам Котлонадзора и могут еще долго эксплуатироваться [2].

Изменившиеся в последнее время экономические условия, в частности, резкое удорожание топливно-энергетических ресурсов и нехватка средств для замены изношенного оборудования, сделали весьма актуальной проблему повышения энергетической эффективности технологических процессов.

Литература

1. Зимин Б.А. Проблемы деаэрации воды в энергетике и способ их решения [Электронный источник] // Новости теплоснабжения. 2006. № 1 (65). URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2319 (дата обращения: 20.01.2020).

2. Берман С.С. Теплообменные аппараты и конденсационные устройства турбоустановок. М.: Машгиз, 1959. 428 с.

УДК 621.311.22

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛАЭКОНОМИИ ТОПЛИВА ПРИ ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Вафина Р.И.[1], Бикмурзина Л.Р.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]renata.vafina1603@gmail.com, [2]ilyabikmurzina@mail.ru
Науч. рук. Низамова А.Ш.

Рассматриваются вопросы повышения надежности и качества теплоснабжения. Описываются различия между децентрализованными и централизованными системами теплоснабжения.

Ключевые слова: теплоснабжение, децентрализованное, централизованное, источники, система, теплоноситель, надежность.

Система теплоснабжения – совокупность технических устройств, агрегатов и подсистем, обеспечивающих приготовление теплоносителя, его транспортировку и распределение в соответствии со спросом на теплоту по отдельным потребителям.

В зависимости от размещения источника теплоты по отношению к потребителям системы теплоснабжения разделяются на децентрализованные и централизованные.

В децентрализованных системах источник теплоты и теплоприемники потребителей либо совмещены в одном агрегате, либо размещены близко, что передача теплоты от источника до теплоприемников может осуществляться практически без промежуточного звена – тепловой сети. Системы децентрализованного теплоснабжения разделяются на индивидуальные и местные.

В индивидуальных системах теплоснабжение каждого помещения (участка цеха, комнаты, квартиры) обеспечивается от отдельного источника. К таким системам, относятся печное и поквартирное отопление. В местных системах теплоснабжение каждого здания обеспечивается от отдельного источника теплоты, обычно от местной или индивидуальной котельной. К этой системе, относится так называемое центральное отопление зданий.

В системах централизованного теплоснабжения источник теплоты и теплоприемники потребителей размещены раздельно, часто на значительном расстоянии, поэтому теплота от источника до потребителей передается по тепловым сетям.

Системы централизованного теплоснабжения можно разделить на следующие четыре группы:

1) групповое – теплоснабжение от одного источника группы зданий;

2) районное – теплоснабжение от одного источника нескольких групп зданий (района);

3) городское – теплоснабжение от одного источника нескольких районов;

4) межгородское – теплоснабжение от одного источника нескольких городов.

Процесс централизованного теплоснабжения состоит из трех последовательно выполняемых операций: подготовка, транспортировка и использование теплоносителя.

Подготовка теплоносителя проводится в специальных, так называемых, теплоподготовительных установках на ТЭЦ, а также в городских, районных, групповых (квартальных) или промышленных котельных. Теплоноситель транспортируется по тепловым сетям и используется в теплоприемниках потребителей. Комплекс установок, предназначенных для подготовки, транспортировки и использования теплоносителя, составляет систему централизованного теплоснабжения. Для транспорта теплоты применяются, как правило, два теплоносителя: вода и водяной пар.

Для удовлетворения сезонной нагрузки и нагрузки горячего водоснабжения в качестве теплоносителя обычно используется вода, для промышленной технологической нагрузки – пар.

Общее состояние оборудования систем теплоснабжения можно оценить, как относительно надежное. В то же время в нескольких крупных городах повреждаемость тепловых сетей достигла уровня 3-5 повреждений в год на 1 км сети в двухтрубном исчислении. Повсеместно увеличивается средний срок службы магистральных сетей.

Проблемой многих поселений является неготовность комплекса систем энергоснабжения к нерасчетным или даже расчетным похолоданиям и игнорирование этой проблемы, как участниками рынка, так и органами власти всех уровней.

Нормативно закрепленная государственная и муниципальная система управления надежностью в теплоснабжении включает в себя:

– разработку и утверждение схем теплоснабжения, включающих расчет надежности;

– анализ и оценку систем теплоснабжения органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации с разделением систем на высоконадежные, надежные, малонадежные и ненадежные;

– функционирование системы предупреждения ЧС, включая систему мониторинга, оценку вероятности, возможные сценарии, меры по предупреждению, оценку готовности к оперативной локализации и устранению последствий.

Учитывая существенные социальные и экономические последствия аварий в системах теплоснабжения, необходимо на федеральном и региональном уровнях организовать квалифицированную непрерывную работу по следующим направлениям:

– автоматизированный мониторинг и прогнозирование надежности систем теплоснабжения с определением интегрального показателя надежности и оценкой существенных факторов, влияющих на нее;

– подготовка ежегодного доклада и оперативной информации для органов власти и организаций;

– разработка и сопровождение оперативных комплексов мер, обеспечивающих повышение надежности в наиболее проблемных поселениях, с приоритетом использования внутренних резервов;

– оперативная разработка и сопровождение планов ликвидации аварий;

– экспертиза схем, программ, комплексов мер, актов готовности по проблемным поселениям.

Литература

1. Пермяков Б.А., Кононович Ю.В. Экономическое и экологическое сравнение централизованной и децентрализованной систем теплоснабжения. М.: МГСУ, 2002.

2. Марков А.Р. Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения [Электронный ресурс] // ЭСКО. 2008. № 11. URL: http://esco.co.ua/iournal/200811/art077.htm (дата обращения: 18.12.2020).

3. МДС 41-6.2000. Организационно-методические рекомендации по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального теплоснабжения в городах и населенных пунктах Российской Федерации. М.: СПО ОРГРЭС, 2000. 37 с.

УДК 621.311.22

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ДЛЯ ДЕАЭРАЦИИ КОНДЕНСАТА В КОНДЕНСАТОРАХ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Гаевая А.А.[1], Водениктов А.Д.[2]

[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]gaevaya.angelina@icloud.com, [2]vodhan@mail.ru

Науч. рук. Минибаев А.И.

Изучены концентрация кислорода в основном конденсате и барботажные вставки в конденсатосборники паровых турбин. Приводится сравнительный анализ существующих решений.

Ключевые слова: конденсационная установка, деаэрация, барботажная вставка, паровая турбина, концентрация кислорода, коррозия.

Конденсационная установка является одной из важнейших составляющих паровой турбины, влияющих на условия работы турбины и её экономичность. Конденсаторы паровых турбин, в которых поддерживается глубокий вакуум (до 97 %), являются мощными вакуумными деаэраторами. Поэтому они используются для деаэрации питательной воды паровых котлов [1] .

Через неплотности в соединениях корпуса в паровой объем конденсатора поступает воздух. Если присосы воздуха, превышают норму, то это приводит к ухудшению вакуума и качества основного конденсата. Концентрация кислорода в основном конденсате, является одним из главных показателей, характеризующих эффективность работы конденсатора. Согласно правилам технической эксплуатации, данный показатель не должен превышать 20 мкг/л. Несоблюдение данного условия приводит к коррозии элементов регенерации низкого давления, что, в свою очередь, может привести к выходу из строя всего оборудования [2].

Для повышения качества вакуумной системы и увеличения эффективности работы конденсатора, отечественные инженеры предлагают дополнительно устанавливать выносной конденсатосборник. Однако подобная мера имеет крайне мало мест для потенциальной реализации. Установка имеет сложности в конструкции и большие габариты, требующие дополнительной площади для размещения.

Одним из вариантов решения является установка деаэрирующего устройства перед конденсатосборником или в самом конденсатосборнике, предназначенного для сбора и деаэрации конденсата и защиты тем самым от коррозии тракта основного конденсата. В зависимости от системы организации потоков деаэрационные устройства подразделяются на пленочные, насадочные, струйные (при движении воды в паре) и барботажные (при движении пара в воде).

Анализ конструкций показал, что такая возможность предусмотрена в конденсаторах паровых турбин К-300-240, К-800-240 Ленинградского металлического завода, Т-250/300-240, Т-175/210-130 Уральского турбинного завода и К-500-240-1 Харьковского турбогенераторного завода.

При струйном типе (рис. 1) образующийся конденсат через отверстия сливается с водораспределительных тарелок *3* на неохлаждаемые стержни *4*, разбиваясь на капли и пленки. Пар для деаэрации просасывается между стержнями *4* к воздухоохладителю *2*. Деаэрированный конденсат попадает на сборную тарелку *6* и с нее отводится в конденсатосборник.

При барботажном типе (рис. 2) конденсат, сливаемый из конденсатора *1* попадает на барботажный перфорируемый лист *2*. Пар барботируется в виде пузырей через слой конденсата. Часть пара конденсируется, остальной пар проходит через слой конденсата и отводится в конденсатор, прежде подогреваясь на распределительном водосливе *10*.

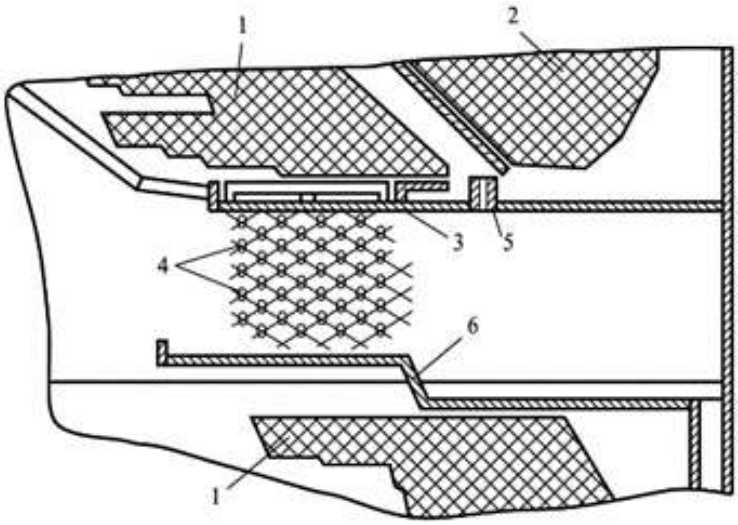


Рис. 1. Конструктивная схема струйного деаэрационного конденсатосборника, применяемого в ряде конденсаторов турбин К-220-44, К-500-240, К-500-65/3000 ХТЗ

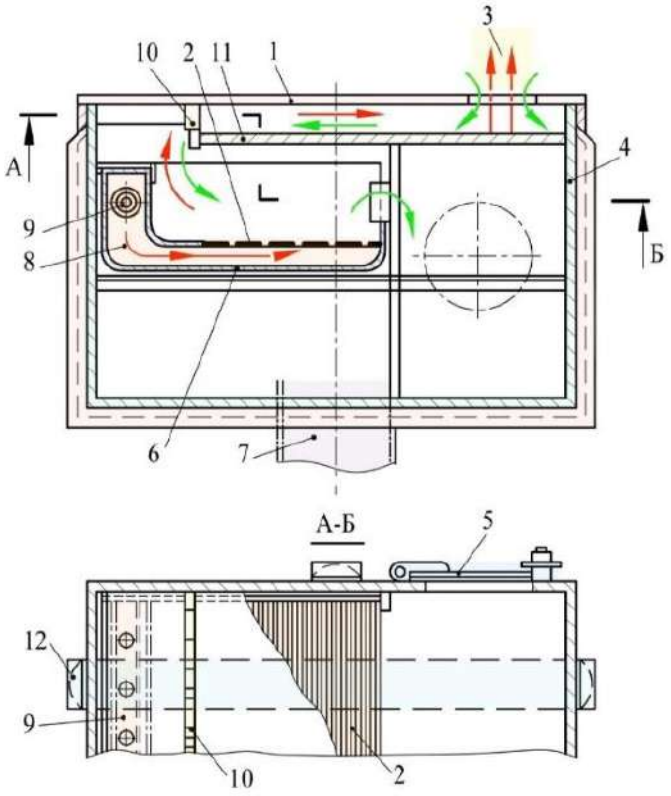


Рис. 2. Схема барботажного деаэрационного конденсатосборника конденсаторов турбин К-300-240 ЛМЗ

Барботажный тип считается наиболее эффективным с точки зрения деаэрационной способности. Для подвода пара в конденсатосборник был разработан проект по установке перфорированного раздающего коллектора в конденсатосборник.

Помимо проведения традиционных мероприятий, таких как: поиск и устранение мест присосов, оптимизации работы эжекторов и т. п. Мы хотим предложить интенсифицировать процесс деаэрации в конденсаторе с помощью барботажной вставки.

Данная вставка обладает отличительной особенностью – центральное расположение в конденсатосборнике. Устройство имеет достаточно удобную форму-круг с радиально сходящимися трубами. Данная конфигурация позволяет осуществлять барботажную деаэрацию и подогрев конденсата. Одними из достоинств такой конструкции являются простота изготовления, относительно быстрый монтаж и универсальность.

В заключении хочется отметить, что данный вариант позволяет улучшить технико-экономические показатели энергоблока и служит технологичным способом для реконструкции старых конденсаторов.

Литература

1. Лосев С.М. Паровые турбины и конденсационные устройства: Теория, конструкции и эксплуатация. 9-е изд., перераб. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1959. 384 с.

2. Бродов Ю.М., Савельев Р.З. Конденсационные установки паровых турбин: учеб. пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1994. 288 с.

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ХОЛОДНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДО ПИТЬЕВОГО КАЧЕСТВА

Гареева К.А.[1], Иванова У.В.[2]

[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]karinagareeva1997@yandex.ru, [2]ivanovauliana7@gmail.com

Науч. рук. Власов С.М.

Описан метод очистки воды с системы холодного водоснабжения до питьевого качества многоквартирного жилого дома. Приведены примеры реализации системы очистки воды до питьевого качества для бытовых условий, рассмотрены качества водопроводной воды города Казани (поверхностных и подземных источников). Авторами статьи разработана лабораторная экспериментальная установка очистки воды холодного водоснабжения до питьевого качества

многоквартирного жилого дома. Данная установка позволяет проводить исследования по очистке воды тремя технологиями (механическая фильтрация, ионный обмен, мембранный метод).

Ключевые слова: питьевая вода, очистка, жилищно-коммунальные хозяйства, многоквартирный жилой дом, экспериментальная установка,

Источниками холодного водоснабжения (ХВС) городов в РФ являются поверхностные и подземные источники. Основными источниками водоснабжения городов, районов (до 70 %) являются крупные реки в РФ. Основными проблемами в сфере водоснабжения и водоотведения РФ является плохое техническое состояние систем, низкое качество питьевых вод, сброс очищенных сточных вод с повышенной концентрацией. Низкая эффективность водопользования и дефицит вкладываемых средств финансирования в данный сектор. Потеря воды в водопроводных системах в РФ достигают 20 %, порядка 4 млрд $м^3$ вод в год. Износ систем водоснабжения составляет более 60 %. Данная проблема для многих городов РФ является весьма актуальной. Очищенная вода после водозабора подаётся в многоквартирные жилые дома (МЖД) через Центральный водопровод с характеристиками, удовлетворяющими требованиям. К сожалению, в современных условиях качества воды ХВС не удовлетворяют нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода [1]. До 60 % населения взрослых и детей, живущих в МЖД, используют в качестве питья холодную воду без дополнительной обработки, которая пагубно может повлиять на здоровье населения.

Население живущие в МЖД могут использовать в качестве питья индивидуальные фильтры, бутилированную воду, но качество и соответствие СанПиНу [1] данной воды может быть неудовлетворительно Одним из методов устранения вышеописанных проблем может являться переход на двухконтурную систему МЖД подачи холодного водоснабжения и питьевого водоснабжения в МЖД. Для проработки данного проекта определяемые качества подземных и поверхностных источников ХВС для потребления в МЖД, авторами была разработана экспериментальная установка для очистки воды ХВС до питьевого качества (см. рисунок). Данная установка состоит из трёх видов наиболее перспективных систем очистки воды: механическая фильтрация, ионный обмен, мембранный метод.

Экспериментальная установка для очистки воды холодного водоснабжения до питьевого качества: *1, 2, 3* и *4* – сетчатый, угольный, ионный и мембранный фильтры; *5, 6* – ионизатор; *7* – линия регенерации; *8* – бак с регенерирующим раствором

Вода поступает в экспериментальную установку через полипропиленовую трубу d_y = 20 мм на входе установлена регулирующая арматура, позволяющая изменять расход воды через установку. Перед задвижкой находится пробоотборная точка для снятия показателей качества воды из системы ХВС. Для снижения количества механических частиц более 100 мкм, ржавчины, окалины, песка, ила установлен магистральный сетчатый фильтр. Вода после него направляется на три типа установки: *1* – угольная; *2* – ионная; *3* – мембранный метод. Угольные фильтры – это сорбционные устройства, которые в первую очередь производят очистку воды от остатков хлора и хлорсодержащих веществ, а также от всевозможных органических примесей. Угольный фильтр состоит из колонны d_y = 50 мм, загруженностью 0,88 кг угля. Верхняя и нижняя крышка ионообменной колонны имеет сетку-фильтр.

Ионообменный фильтр очистки воды заполняется ионнообменной смолой, через которую проходит вода. После того как вода просачивается через нее происходит замена ионов электролитов на ионы ионитов, после чего изменяется химическая структура как самой воды, так и самого химического реагента. Установка ионного обмена и система обратного осмоса имеет линию регенерации и обратного тока.

После установки ионного обмена в связи с сильным обессоливанием исходной воды, необходимо дополнительно устанавливать ионизатор, который пропуская через себя воду, очищает и путём электролиза возвращает ей правильный щелочной состав.

Основным элементом мембранных фильтров является полупроницаемая мембрана, пропускающая кислород и воду. Все органические и неорганические вещества, размер частиц которых больше диметра пор, остаются на поверхности этого элемента. Мембранная установка состоит из цилиндра, входными и выходными резьбовыми крышками для подачи исходной воды и выхода пермеата и концентрата.

После каждой установки имеется пробоотборная точка. Кроме того, лабораторная установка для очистки воды холодного водоснабжения до питьевого качества имеет линии рециркуляции между тремя типами установками, что позволяет повысить качество воды за счёт комбинированной очистки.

Проведение лабораторных исследований позволяет определить наиболее эффективную ресурсосберегающую технологию очистки воды ХВС до питьевого качества. Результаты, полученные на лабораторной установке, позволят разработать промышленный узел для очистки воды в каждом МЖД по схеме двухконтурной системы ХВС и питьевой воды.

Цель разработки данной экспериментальные установки для очистки воды ХВС до питьевого, повысить качество жизнеобеспечения населения в соответствии с требованиями национального проекта РФ Чистая вода [2].

Работа выполнена при финансовой государственной поддержке молодых российских ученых – докторов наук при Президенте РФ (Конкурс – МК-2020). Заявка № МК-424.2020.5.

Литература

1. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения [Электронный ресурс]: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 26 сентября 2001 г. № 24. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант» (дата обращения: 21.02.2020).

2. Федеральный проект «Чистая вода» [Электронный ресурс]. URL: http://www.minstroyrf.ru/press/regionam-uchastnikam-federalnogo-proekta-chistaya-voda-budet-okazana-podderzhka-iz-federalnogo-byudzh (дата обращения: 21.02.2020).

УДК 621.311.22

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДНЫХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ТЭС И СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Гильфанов Б.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Науч. рук. Чичирова Н.Д., Чичиров А.А.

Метод исследования структуры метастабильных карбонатных растворов, основанный на получении pK- и pH-спектров растворов по данным потенциометрического титрования. Приведен способ расшифровки, получены уравнения для расчета координат спектров. При производстве тепловой и электрической энергии на современных тепловых электрических станциях (ТЭС) оперируют с водными системами, имеющими постоянно продуцирующую фазовую нестабильность.

Ключевые слова: ТЭС, системы теплоснабжения, вода, водоотводящие системы, водоочистка, инновационные технологии.

Теплоноситель на тепловых электрических станциях это, прежде всего вода. Она используется во многих отраслях промышленности. Поэтому к качеству воды для выработки тепловой и электрической энергии уделяется особое внимание.

Природная вода по существу – это исходное сырье, которое требует надлежащей физико-химической обработки, т. е. очистки [1].

Анализ качества дает представление о составе воды. Без анализа и достоверных данных качественного и количественного мониторинга природных и сточных вод нельзя решить многие задачи водоподготовки.

Вода является сложным аналитическим объектом, включающим в себя органические и неорганические вещества. А также она является полярным растворителем, в ней могут находиться практически все элементы, их содержание может, колеблется в широких пределах.

Для того чтобы решить проблему современных требований к контролю глубокообессоленных и других типов вод, необходимы надежные методы аналитического и непрерывного автоматического контроля. К таким методам относятся физико-химические методы контроля, в частности потенциометрический метод [2].

Увеличение мощности современных теплоэлектростанций в результате модернизации оборудования приводит к значительному возрастанию объемов потребляемой воды. Увеличение скорости потока теплоносителя

с учетом его агрессивности, усиленной высокой температурой и давлением, ускоряет процессы коррозии и осадкообразования на всем пути следования теплоносителя. Очевидно, что система водоподготовки при этом требует постоянного совершенствования с целью минимизации отмеченных негативных воздействий компонентов теплоносителя.

Неотъемлемой частью водоподготовки является химический анализ воды как на входе в теплоэнергетическую систему, так и систематический мониторинг состава теплоносителя на определенных этапах технологического процесса: анализ котловой, оборотной, конденсатной воды.

Классический химический анализ, использующий методы титриметрии и гравиметрии, позволяет получать данные о жесткости воды, ее кислотности, щелочности, окисляемости, о концентрации хлорид-, сульфат-, фосфат-, силикат-ионов.

В работе освоены и отработаны методики указанных характеристик на чистых и природных образцах озерной и речной воды. Современными методами исследования (потенциометрическое титрование в сочетании с методами математического моделирования) для карбонатных, силикатных, фосфатных водных систем показано существование фазово-нестабильных состояний, приводящих к солеотложениям в процессе циркуляции теплоносителя.

Из способов очистки воды рассмотрены возможности метода электродиализа с использованием лабораторного макета многокамерного электромембранного аппарата. Эффективность этого инновационного подхода определила успешное внедрение его в водоподготовке на современных теплоэнергетических установках. При регенерации анионитовых фильтров получается высокоминерализованная сточная вода. Для того чтобы не сбрасывать воду в канализацию и не подвергать станцию на большие штрафы за сброс воды с превышением предельно допустимой концентрацией вредных веществ. При переработке есть возможность получения концентрированного щелочного раствора и умягченной частично обессоленной воды. Такими свойствами обладает электромембранный аппарат. Сущность электромембранного метода заключается в направленном переносе диссоциированных ионов (растворенных в воде солей) под влиянием электрического поля через селективно проницаемые ионообменные мембраны.

Целесообразным с точки зрения капитальных и эксплуатационных затрат является нужда получения щелочного и солевого растворов на электромембранной установке. Полученный щелочной раствор направляется на регенерацию фильтров. Очищенная вода направляется на подпитку теплосетей или испарителей.

На данный момент электродиализ – одно из самых перспективных направлений технологии деонизации (обессоливания). Экономия средств от внедрения этой технологии вбирает в себя и экологическую составляющую, практическое отсутствие сточных вод после регенерации анионитовых фильтров и стоимость щелочи, выделяемой из регенерационных стоков и возвращаемой в цикл.

Литература

1. Расчет и построение кривых потенциометрического и кондуктометрического титрования: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Химический контроль теплоносителей» / сост.: Л.Н. Николаева, М.Н. Котляр. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2009. 52 с.
2. Деркасова В.Г., Карелин В.А. Потенциометрический анализ технологических вод ТЭС и АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1992. 160 с.
3. Васильев В.П., Морозова Р.П., Кочергина Л.А. Практикум по аналитической химии: учеб. пособие для вузов / под ред. В.П. Васильева. М.: Химия, 2000. 328 с.
4. Математическое моделирование физико-химических процессов при реагентной обработке воды / А.А. Чичиров [и др.] // Энергоснабжение и водоподготовка. 2006. № 2. С. 31–34.
5. Чичирова Н.Д., Чичиров А.А.,Сергеев С.Л. Анализ структуры и классификация воды. Ч. 2 // Программы для ЭВМ базы данных топологии интегральных микросхем. 2009. № 1 (66). С. 272.
6. Пилат Б.В. Основы электродиализа. М.: Авваллон, 2004. 456 с.

УДК 621.311.22+658.264

МОДИФИКАЦИЯ СХЕМЫ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-1

Кириллова Н.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nadusha_kirillova_96@mail.ru
Науч. рук. Саитов С.Р.

Современные блоки ПГУ все чаще применяются для расширения и модернизации существующих теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Благодаря своим высоким технико-экономическим показателям, они позволяют снизить удельный расход

условного топлива на выработку электроэнергии, а за счет своих компактных размеров способны вписаться в генплан практически любой ТЭЦ. Однако, в целях экономии, строительство таких блоков осуществляется по типовым проектам обособленно от технологической схемы старой части станции. Надстройка схемы теплофикации ТЭЦ осуществляется, чаще всего, в виде параллельного включения сетевых подогревателей блоков ПГУ, что приводит к несогласованной работе теплофикационного оборудования, а также к недогрузке и ухудшению режимов работы паровых турбин старой и новой очередей станции. Таким образом, существует потребность в определении оптимальных режимов параллельной работы теплофикационного оборудования старой и новой части станции.

Ключевые слова: ПГУ, теплофикация, теплоэлектроцентраль.

Самый простой способ увеличения производительности теплофикационной установки (ТУ) ТЭЦ при её расширении блоками ПГУ – параллельное включение новых сетевых подогревателей (СП) к старым бойлерам. Подобное решение было реализовано на площадке филиала АО «Татэнерго» Казанская ТЭЦ-1.

Прежняя схема теплофикации (группа 130 атм.) ТЭЦ включала в себя 6 основных бойлеров (БО) части высокого давления (ЧВД), снабжаемых паром из теплофикационных отборов (ТО) двух турбоустановок ПТ-60-130/13, 4 пиковых бойлера (ПБ) ЧВД, снабжаемых паром из производственных отборов двух ПТ-60-130/13 и одной Р-50-130, 2 газовых подогревателя сетевой воды (ГПСВ) и 3 ПБ части среднего давления (ЧСД), снабжаемых паром от котлов утилизаторов двух ГТУ-25,5 МВт и общестанционного коллектора 10 ата [1].

После модернизации КТЭЦ-1 современными блоками ПГУ-246 МВт схема теплофикации группы 130 была дополнена 2 параллельно включенными подогревателями ПСГ-1300-3-8-1 (рис. 1) группы ПГУ [1].

Во время первого отопительного сезона (зама 2018/2019 г.) были выявлены проблемы:

– отсутствие эффективных механизмов регулирования нагрузки;

– схема не обеспечивает номинальную загрузку ПСГ и ОБ по воде, что приводит к увеличению давления пара в отопительных отборах и снижению эффективности выработки электрической энергии на паровых турбинах.

Таким образом, существует необходимость в выявлении режима, при котором прирост экономичности группы ПГУ значительно перекрывает падение выработки группы 130, а суммарный расход топлива станцией становится минимальным.

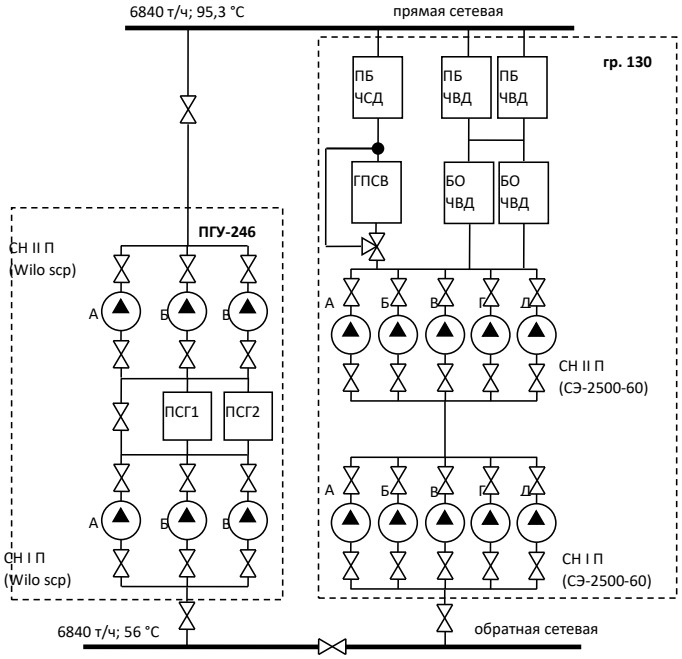


Рис. 1. Существующая параллельная схема теплофикационной установки Казанской ТЭЦ-1

Для номинальной загрузки оборудования ТУ и повышения эффективности её работы, была предложена последовательная схема включения СП (рис. 2).

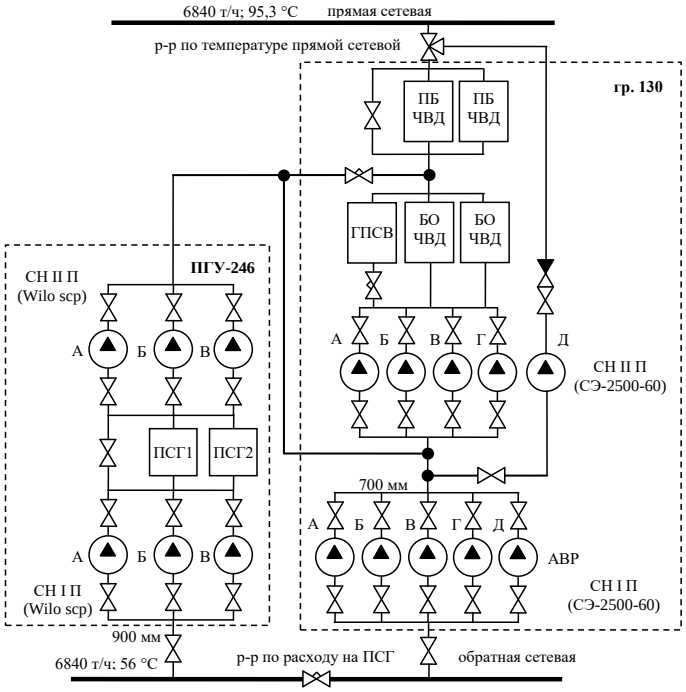


Рис. 2. Предлагаемая последовательная схема теплофикационной установки Казанской ТЭЦ-1

Согласно схеме, группа ПСГ является предвключенной ступенью группы 130. Данная схема является более удачной по двум пунктам:

– появляется возможность плавного регулирования тепловой нагрузки ТУ;

– снижается средняя температура воды в ПСГ и ПБ.

Однако для реализации эффекта максимальной выгоды (6000 т/ч) требуется осуществить замену трубопроводов сетевой воды группы 130 с 700 мм на 900 мм. Что повлечет за собой большие капитальные затраты (≈ 80 млн. руб.), возврат которых будет осуществляться более 5 лет.

Литература

1. Чичирова Н.Д., Тюклин В.П. Технологические схемы и оборудование Казанской ТЭЦ-1: учеб. пособие. Казань: Казан. гос. энерг.ун-т, 2019. Т. 1. 264 с.

УДК 699.86

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ С ВЕНТИЛИРУЕМЫМИ ФАСАДАМИ

Михалева А.Д.
ФГБОУ ВО НИУ «МГСУ», г. Москва
anastasia.mihaleva0812@yandex.ru
Науч. рук. Лебедев В.В.

Предлагается уменьшить перепад температуры в вентилируемом фасаде здания между стеной и внешней облицовкой. Это можно сделать с помощью тонкой теплопроводной фольги, например, из алюминия. При соблюдении ряда условий этот экран уменьшит не только лучистый теплообмен, но и конвективные теплопотери в зданиях и сооружениях. Алюминиевая фольга закрепляется с внутренней стороны облицовки здания внутри вентилируемого фасада, повторяет температуру стены, уменьшает перепад температур, уменьшая интенсивность макровихрей, которые способствуют конвективному теплообмену.

Ключевые слова: конвекция, теплообмен, экран, энергосбережение.

Цель работы заключается в уменьшении теплопотерь в зданиях и сооружениях с навесным фасадом за счёт снижения конвективного теплообмена. До 20 % потерь тепла в зданиях обусловлено теплопередачей

через стены. Одним из факторов теплопотерь является конвективный теплообмен вблизи нагретой стены [1]. Цель работы заключается в предложении способа уменьшения конвективного теплообмена доступными и дешёвыми средствами. В жилых помещениях тепло изнутри зданий теряется в основном за счёт теплопроводности и конвекции [2, 3], а не излучения. В этой работе предметом исследования является только конвекция с образованием макровихрей между стеной и навесным фасадом в зимнее время. Суть работы заключается в выравнивании температурного поля в пространстве вентилируемого фасада здания между внешней стороной стены и декоративной облицовкой. Обычно это пространство исключают из расчётов, не учитывают тепловые потоки, рассматривают только декоративные свойства фасада. Но в зазоре между стенками существует градиент температурного поля. Следовательно, имеет место свободная конвекция. Плотность конвективного теплового потока определяется уравнением Фурье и прямо пропорциональна градиенту температурного поля $q = -\lambda \cdot \mathrm{grad}T$, где λ – коэффициент теплопроводности. Если в зазоре вентилируемого фасада уменьшить или даже полностью исключить перепад температур между стенкой и облицовкой, то свободная конвекция также уменьшится или даже полностью прекратится. Сделать это можно только после определения температурных полей в конструкциях. Если посмотреть на стену здания сбоку, то она представляется отрезком. Значит, можно применить параболическое одномерное уравнение теплопроводности в частных производных. Сначала вполне можно предложить краевые условия первого типа – термостатирование концов стержня. Начальные условия для параболического уравнения в частных производных зависят от внешнего теплового воздействия на стержень. Сначала можно предположить, что в какой-то части стены, а значит и стержня, произошло скачкообразное повышение температуры, например, на 10 °C. Температуру воздуха в зазоре вентилируемого фасада будем предполагать равной температуре облицовки. При возникновении градиента температуры сразу же появится дополнительная конвекция и дополнительные потери тепла. Материалы стены и облицовки различные, имеют разные коэффициенты температуропроводности – это тоже учитывалось при исследовании. Исследование свелось к решению двух смешанных начально-краевых задач для параболического уравнения в частных производных. Уравнение теплопроводности – это уравнение параболического типа с частными производными. В одномерном случае это уравнение описывает процесс распространения тепла в стержне. Это уравнение имеет вид:

$$\frac{\partial U(x;t)}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 U(x;t)}{\partial x^2},$$

где $U(x;t)$ – температура в точке стержня с координатой x в момент времени t; a – коэффициент температуропроводности стержня, который будем предполагать постоянным. Краевые условия первого типа задают температуру на концах стержня как постоянную величину. В простейшем случае предполагают, что на концах стержня поддерживается постоянная нулевая (например, по шкале Цельсия) температура. Каким образом выполняется поддержание нулевой температуры на концах стержня – это не предмет изучения математической физики, это предмет изучения раздела физики, который называется «Теплотехника». Теплотехника изучает конкретные устройства, реализующие заданный тепловой режим работы устройства, системы, агрегата и т. д. Математическая физика формулирует требования к системе или использует исходные данные для конкретной изучаемой системы. В краевых условиях первого типа – это нулевая температура на концах стержня без конкретизации устройств, поддерживающих эту температуру в любой момент времени t. Математически первая краевая задача формулируется в виде $U(0;t) = U(L;t) = 0$.

В конечном итоге получается смешанная (начальная и краевая) задача для дифференциального уравнения в частных производных. После применения метода Фурье (метода разделения переменных) первая краевая задача принимает вид:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial U(x;t)}{\partial t} = a^2 \dfrac{\partial^2 U(x;t)}{\partial x^2}; \\ U(0;t) = U(L;t) = 0; \\ U(x;0) = \varphi(x). \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{X''}{X} = -\lambda; \\ \dfrac{1}{a^2} \cdot \dfrac{T'}{T} = -\lambda; \\ U(0;t) = U(L;t) = 0; \\ U(x;0) = \varphi(x). \end{cases}$$

Две краевые задачи для разных коэффициентов температуропроводности были решены методом Фурье. Решения были получены в виде рядов Фурье. В качестве примера на рисунке представлена иллюстрация решения первой краевой задачи с начальным треугольным температурным возмущением, соответствующим, например, включению радиатора у стены здания.

Пример решения первой краевой задачи

По этим двум решениям была вычислена разность температур $\Delta U = \Delta T$ стенки и облицовки в каждой точке по высоте конструкции. Плотность свободного конвективного потока тепла прямо пропорциональна этой разности температур. Полученные решения в виде рядов Фурье были введены в программу MathCAD-14 для анализа с различными коэффициентами температуропроводности. Были исследованы два вида конструкций. Во-первых, кирпичная стена и тонкий алюминиевый экран с небольшим воздушным зазором между ними. Во-вторых, деревянная стена и тонкий алюминиевый экран. Алюминиевый экран – это фольга. В каждом варианте были изучены два случая: экран снаружи стены и экран изнутри стены. Расчётная схема задачи – это два рядом расположенных стержня с термостатированными концами. На один стержень происходит резкое температурное воздействие, в какой-то части стержня температура скачкообразно возрастает. Воздух обладает сравнительно большим коэффициентом температуропроводности по сравнению с рассматриваемыми материалами, для него $a^2 = 1{,}9 \cdot 10^{-5}$ (м^2/с), поэтому приближённо

можно предположить такое же начальное распределение температуры в соседнем стержне. После температурного удара вследствие, например, открытия и закрытия форточки, температура в обоих стержнях начинает изменяться вследствие теплопроводности, но изменяется она по-разному, поэтому возникает разность температур и дополнительный свободный конвективный теплообмен с потерями тепла. Задача анализа свелась к определению потерь тепла при различных конструкциях, материалах и вариантах установки экрана относительно стены здания.

Даже начальное исследование свободного конвективного теплообмена в зазоре вентилируемого фасада позволило получить важный результат о возможности уменьшения теплопотерь сравнительно простым и дешёвым способом – установкой тонкого листа алюминиевой фольги на внутреннюю сторону декоративной облицовки. Перед установкой декоративной облицовки на обрешётку вентилируемого фасада надо с помощью строительного степлера прикрепить лист тонкой алюминиевой фольги, типа пищевой, а потом на эту обрешётку будет крепиться декоративная облицовка. Физическая сущность этого явления заключается в быстрой передаче тепла от стены к алюминию, в распространении тепла по стене и алюминиевому экрану, в максимальном снижении разности температур в большинстве точек между стеной и экраном, в выравнивании температуры воздуха в зазоре вентилируемого фасада для уменьшения свободного конвективного теплообмена. С экономической и практической точки зрения монтаж конвективного экрана не вызывает ни технологических, ни экономических трудностей.

Литература

1. Михалёва А.Д. Роль конвективного теплообмена в устойчивости ограждающей конструкции [Электронный ресурс] // Строительство – формирование среды жизнедеятельности: сб. тр. XX Междунар. межвуз. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. М., 2017. С. 1023–1025. URL: http://mgsu.ru/resources/ izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkrdostupa/ (дата обращения: 21.02.2020).

2. Оптимизация архитектуры и инженерного обеспечения современных зданий в целях повышения их энергетической эффективности / А.А. Волков [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 6. С. 111–113.

3. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: Авок-Пресс, 2006. 256 с.

УДК 621.311.22

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВОЗВРАТНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНДЕНСАТА

Паненко Д.О.[1], Чичирова Н.Д. [2], Филимонова А.А. [3]
[1-3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]panenkodiana@gmail.com, [2]ndchichirova@mail.ru. [3]aachichirova@mail.ru

Рассмотрен вопрос о технологиях очистки возвратного производственного конденсата от органических и неорганических примесей. Освещена актуальность исследований рассмотренной темы, а так же сделаны выводы об эффективности рассматриваемых методов.

Ключевые слова: возвратный конденсат, конденсат, органические примеси, неорганические примеси, углеводороды, нефтепродукты, предприятие.

Образующийся при конденсации пара конденсат представляет собой вторичный тепловой ресурс, который можно использовать повторно в качестве греющего теплоносителя на ТЭС. Возврат производственного конденсата в котельную или на электростанцию для питания паровых котлов, как правило, является одним из наиболее распространенных способов повторного использования конденсата. Для того чтобы вернуть конденсат в котельную или обратно на теплоэлектростанцию, производственный возвратный конденсат должен соответствовать нормам качества по физическому и химическому составу [1]. Однако одна из наиболее главных проблем заключается в том, что возвращаемый конденсат не соответствует нормам качества и требует предварительной очистки его от нежелательных органических и неорганических примесей. Каждое химическое предприятие возвращает на теплоэлектростанцию конденсат, содержащий свои специфические примеси, которые известны для каждой теплоэлектростанции. Перечень специфических примесей, которые встречаются на ТЭС, снабжающих паром химические предприятия, так велик, что привести его практически невозможно. Нередки случаи попадания в возвратный производственный конденсат с химических предприятий таких соединений, как дихлорэтан, хлороформ, четыреххлористый углерод, которые представляют опасность при попадании в пароводяной цикл теплоэлектростанции. Также одной из наиболее

распространенных причин невозврата конденсата на теплоэлектростанцию является загрязнение конденсата углеводородами. В таком случае невозврат конденсата составляет 100 %, так как углеводороды интенсифицируют коррозионные процессы, в результате которых оборудование быстро выходит из строя [2]. Без изучения отдельных компонентов примесей и их возможных концентраций в конденсатах производственных потребителей пара, не может быть решен вопрос о возможности возврата конденсата в основной цикл ТЭЦ, не может быть так же выбрана технологическая схема очистки конденсата.

Очистку возвратного конденсата, загрязненного потребителем пара нефтепродуктами и маслами, проводят по одноступенчатой схеме. В основном, для очистки конденсата от нефтепродуктов применяются угольные фильтры и отстойники [3, 4].

Если технология использования пара на производстве такова, что возвратный конденсат не загрязнен маслами или процесс обезмасливания проходит у потребителя пара, то в качестве первой ступени очистки перед ионитными фильтрами необходимо включить обезжелезивающий фильтр. Совместив обе функции обезжелезивающего механического и барьерного фильтров, предупреждается проскок масел в фильтрат.

При загрязнении возвратного производственного конденсата солями кальция и магния, его очистка проводится по схеме одноступенчатого Na-катионирования для использования его в качестве подпитки барабанных котлов высокого и среднего давления (9,8 МПа и менее).

При загрязнении возвратного производственного конденсата этими же солями для питания барабанных котлов высокого давления (13,8 МПа) возвратный конденсат обессоливают по одноступенчатой схеме Н-ОН-ионирования, так как солесодержание конденсата, как правило, не превышает 1–20 мг/кг.

Эффективная система сбора возвратного производственного парового конденсата на предприятие позволяет экономить топливно-энергетические ресурсы [5].

При невозврате потребителем парового конденсата на теплоэлектростанцию потребитель обязан выплатить крупный денежный штраф, особенно при нарушении заключенных по данному вопросу договоров. Уменьшение доли возврата конденсата на подпитку заводских котлов-утилизаторов и снижение его температуры относительно регламентируемого уровня сопряжено с пропорциональным ростом расхода теплоты

на технологические нужды химводоочистки, на нагрев питательной воды и процессы деаэрации, а также с существенным увеличением затрат на продувку паровых котлов. Эта проблема приводит к тому, что зачастую из-за постоянной угрозы проскока углеводородов энергетические предприятия отказываются полностью принимать конденсат от нефтехимических предприятий.

В данной работе были проведены исследования о технологии очистки возвратного производственного конденсата. Для анализа были отобраны образцы возвратного конденсата с заводов ПАО «Нижнекамскнефтехим». Перманганатная окисляемость образцов составляла от 13 до 23 мг/дм^3 O_2. Компонентный состав по основным органическим примесям был проанализирован методов газовой хроматографии, и они включали метанол, стирол, ацетон, аллиловый спирт и некоторые другие в незначительных количествах. Для очистки образцов возвратного конденсата от органических примесей использовали методы отстаивания, кипячения, флотации, сорбции углем. Все перечисленные методы показали хороший результат по удалению органических веществ в связи с их высокой летучестью и малым размером молекул. В качестве оптимального метода можно рекомендовать отстаивание образцов в течение нескольких часов в угле, что позволяет снизить перманганатную окисляемость до 2 мг/дм^3 O_2.

Литература

1. РД 34.37.515-93. Методические указания по очистке и контролю возвратного конденсата. М.: РАО ЕЭС России, 1998. 12 с.

2. Назмеев Ю.Г., Конахина И.А. Организация энерготехнологических комплексов в нефтехимической промышленности. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 363 с.

3. Нор П.Е., Бучель Н.И., Садыбекова Н.К. Очистка возвратного конденсата от мехпримесей и нефтепродуктов // Актуальные вопросы энергетики. 2018. С. 344–347.

4. Устройство для очистки конденсата от нефтепродуктов: пат. 2470876 Рос. Федерация № 2011126419/02; заявл. 27.06.2011, опубл. 27.12.2012, Бюл. № 36.

5. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. М., 2003. 109 с.

УДК 621.311.2:[621.181+621.438]

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ГРЭС ПАРОГАЗОВЫМИ УСТАНОВКАМИ

Салихова А.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
adelina.salikhova@bk.ru
Науч. рук. Низамова А.Ш.

Рассматривается возможность модернизации ГРЭС мощностью 2000 МВт. При долгой эксплуатации станций их оборудование морально и физически устаревают. Модернизация предполагается путем внедрения парогазовой установки с котлом-утилизатором, и с более мощной газовой и паровой турбиной. Описываются их преимущества, даны примеры действующих станций с подобной установкой.

Ключевые слова: ГРЭС, оборудование, единичная мощность, парогазовая установка, котел-утилизатор, газовая турбина, паровая турбина, электрическая энергия.

В настоящее время на станциях Российской Федерации более 80 % оборудования является изношенным и устаревшим, требуется их замена. У конденсационных электрических станций низкий КПД не более 39 %, но достоинство их в том, что они большой электрической мощности.

В период строительства станций в 1960–1970-х годах не было более мощных блоков с единичной мощностью 300, 500 и 800 МВт. Они являлись перспективными, поскольку, промышленность была развита и имелись крупные производственные потребители. Но в настоящее время они морально и физически устарели, поэтому требуется модернизация этих станций с вводом новых блоков и постепенным демонтажем старых.

На сегодняшний день самый экономичный способ получения электрической и тепловой энергии является внедрение парогазовой установки (ПГУ), которая имеет целый ряд преимуществ.

ПГУ можно разделить на 4 основных типа:

– с высоконапорным парогенератором;

– с низконапорным парогенератором;

– с вытеснением регенерации;

– утилизационного типа с котлом-утилизатором [1, 2].

Парогазовая установка с котлом-утилизатором является наиболее перспективной и широко распространенной в мире. Такая установка отличается простотой в конструкции и высокой эффективностью производства

электрической энергии. Данный тип ПГУ – единственная на сегодняшний день энергетическая установка, которая при работе в конденсационном режиме отпускает потребителям электрическую энергию с КПД 55–60 % [3].

Есть примеры мощных ПГУ. Например, на Казанской ТЭЦ-3 ПГУ 405,6 МВт она является единственной установкой в России с такими параметрами, во Франции ПГУ 605 МВт внесена в Книгу рекордов Гиннесса, как самый эффективный в мире энергоблок среди других с коэффициентом полезного действия в 62,22 %.

Парогазовая установка помимо котла-утилизатора должна иметь мощную газовую и паровую турбину. В случае ГРЭС 2000 МВт мы рассматриваем производителей газовых и паровых турбин таких как: General Electric, Ansaldo Energia, Siemens (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Газовые турбины

Производители	Газовая турбина	Мощность, МВт
General Electric	9HA.02	510
Ansaldo Energia	GT36 S5	500
Siemens	SGT5-8000H	400

Таблица 2

Паровые турбины

Производители	Паровая турбина	Мощность, МВт
General Electric	Выбирается по проекту	–
Ansaldo Energia	Выбирается по проекту	500
Siemens	SST-5000	120–650

Турбина 9HA.02 (GE) – высокоэффективная газовая турбина с воздушным охлаждением. Благодаря такой упрощенной конструкции и передовым материалам, проверенной работоспособности и надежности, она обеспечивает исключительно низкую стоимость жизненного цикла на мегаватт и позволяет наиболее экономически эффективно преобразовать топливо в электрическую энергию.

Турбина GT36 S5 (AE) – высокоэффективная газовая турбина при полной и частичной нагрузке. Она была разработана для удовлетворения потребностей клиентов с целью снижения затрат на электроэнергию и выбросов CO_2. Турбина очень проста в конструкции, эксплуатации и техническом обслуживании.

Турбина SGT5-8000H – первая газовая турбина, появившееся на рынке с воздушным охлаждением. Благодаря выходной мощности в 400 МВт в простом цикле или 600 МВт в комбинированном цикле, а также с КПД комбинированного цикла в 60 %, турбина занимает достойное место среди самых эффективных и мощных газовых турбин с низкими эксплуатационными издержками и малой стоимостью жизненного цикла. Она имеет уникальную конструкцию ротора, благодаря чему имеется возможность обслуживания ротора на месте эксплуатации.

Турбина SST-5000 – гибкая в эксплуатации конденсационная паровая турбина или паровая турбина с противодавлением. На электростанциях данная турбина состоит из комбинированного цилиндра высокого и среднего давлений и одного или двух цилиндров низкого давления. Имеется возможность организации нерегулируемых отборов (до 9 отборов) и возможность оптимизации компоновки станции.

Парогазовую установку можно рассмотреть от компании Siemens, она включает в себя 2 газовые турбины и 1 паровую турбину. Общая электрическая мощность данной установки составит 1200 МВт: газовые турбины общей мощностью 800 МВт и паровая турбина 400 МВт [4].

Если установить две такие ПГУ на действующую модернизируемую станцию 2000 МВт, то это даст возможность остановить сразу несколько существующих блоков с выводом их в ремонт и постепенным демонтажем. Установка ПГУ также позволит увеличить КПД станции в 2 раза, увеличить электрическую и тепловую мощность, и при этом вырастет загрузка и выработка электрической энергии.

Литература

1. Низамова А.Ш. Технология централизованного производства электрической энергии и теплоты: учеб. пособие / под ред. Н.Г. Шагиева. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2010. Ч. 2. 130 с.

2. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов / под ред. С.В. Цанева. М.: Изд-во МЭИ, 2002. 584 с.

3. Физика и энергетика [Электронный ресурс]. URL: https:// knowledge. allbest.ru/physics/ (дата обращения: 23.01.2020).

4. Каталог энергетического оборудования – 2017. Турбины и Дизели [Электронный ресурс]. URL: http://www.turbine-diesel.ru/rus/catalog (дата обращения: 23.01.2020).

УДК:621.311.22:621.438

МОДЕРНИЗАЦИЯ КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-3 С ЗАМЕНОЙ ПАРОВОГО КОТЛА СТ. № 5 И ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ СТ. № 5 НА ГАЗОТУРБИННУЮ УСТАНОВКУ С КОТЛОМ-УТИЛИЗАТОРОМ С ВЫРАБОТКОЙ ПАРА СРЕДНИХ ПАРАМЕТРОВ

Уварова Ю.Г.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
juliaeren@icloud.com
Науч. рук. Гиниятуллин Б.А.

Рассматривается вариант модернизации ТЭЦ путем замещения паросилового оборудования (котел, турбина) газовой турбиной с котлом-утилизатором на примере филиала АО «ТГК-16» Казанская ТЭЦ-3.

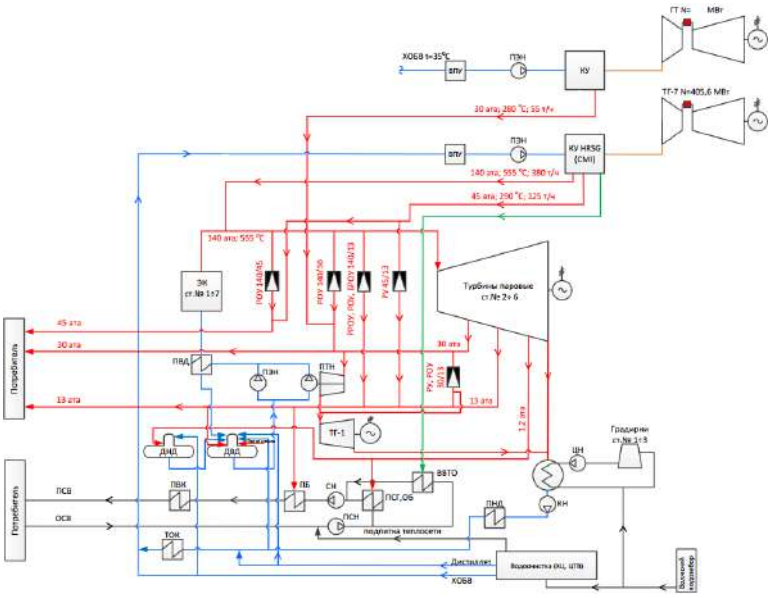
Ключевые слова: газотурбинная установка, надстройка, модернизация, энергоэффективность.

В настоящее время перспективным направлением развития отечественной энергетики является ГТУ.

Целью данной работы является проработка варианта обновления генерирующего оборудования с одновременным увеличением выпуска продукции (отпуска электрической энергии и мощности). Для достижения поставленной цели путем внедрения современных технологий, обладающих высокой энергоэффективностью, предлагается замещение паросилового оборудования газотурбинной установкой с котлом-утилизатором.

Современные инновационные газовые турбины характеризуется следующими параметрами: КПД 41 % в режиме простого цикла и 61 % в комбинированном цикле; низкая себестоимость электроэнергии с учетом периода эксплуатации; гибкость в эксплуатации; низкий уровень выбросов вредных веществ.

ГТУ строится по схеме моноблока (см. рисунок). При работе воздух из атмосферы через комплексное воздухоочистительное устройство (КВОУ) поступает на вход компрессорной части газовой турбины, сжимается и подается в камеры сгорания газотурбинного агрегата. Образующиеся продукты сгорания направляются в турбинную часть газовой турбины, где, расширяясь, производят работу, используемую для привода генератора. Выхлопные газы от газовой турбины поступают в котел-утилизатор, где охлаждаются в последовательно расположенных поверхностях нагрева паро-водяной смеси, генерируя пар, который используется по назначению.



Принципиальная тепловая схема КТЭЦ-3 с новой надстройкой ГТУ

Предлагается строительство газотурбинной установки в составе одной газовой турбины типа SGT-2000E мощностью 187 МВт компании Siemens (см. таблицу). Проектом также предлагается строительство котла-утилизатора с генерацией пара необходимого давления.

Техничские характеристки тербины SGT5-2000E
при выработке энергии в простом цикле

Мощность	187 МВт
Степень сжатия	12,8:1
Скорость турбины	3000 об/мин
КПД Брутто	36,5 %
Частота	50 Гц
Температура выхлопа	536 °C
Расход выхлопных газов	558 кг/с
Удельный расход теплоты топлива	9863 кДж/(кВт·час)
Выброс NO_2	≤ 25 ppmvd при 15 % O_2 на топливном газе (без впрыска воды для контроля NO_x), ≤ 42 ppmvd при 15 % O_2 на жидком топливе (с впрыском воды для контроля NO_x)

В рамках данного проекта осуществляется тепловой и аэродинамический расчеты котла-утилизатора под выбранную газовую турбину и параметры пара, необходимые для паросиловой части ТЭЦ. Пар в ГТУ

вырабатывается не в энергетических котлах, в топке которых сжигается топливо, а в котлах-утилизаторах, использующих физическую теплоту рабочего тела газовой турбины – смеси воздуха с продуктами сгорания.

Рассматриваемый проект модернизации ТЭЦ путем надстройки ГТУ нуждается в тщательном технко-экономическом расчете, для подтверждения его эффективноти по сравненю с заменой устаревшего паросилового оборудования на аналогичное.

Литература

1. Ольховский Г.Г. Применение ГТУ и ПГУ на электростанциях // Энергорынок. 2004. № 5.
2. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. М.: Изд-во МЭИ, 2002. 584 с.
3. Арсеньев Л.В., Тарышкин В.Г. Комбинированные установки с газовыми турбинами. Л.: Машиностроение, 1982. 247 с.
4. Безлепкин В.П. Парогазовые и паротурбинные установки электростанций. СПб.: СПбГТУ, 1997. 293 с.
5. Промышленная газовая турбина Siemens SGT5-2000E [Электронный ресурс]. URL: https://new.siemens.com (дата обращения: 22.02.2020).
6. Анализ вариантов надстройки ТЭЦ газотурбинной установкой. [Электронный ресурс]. URL:https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-variantov-nadstroyki-tets-gazoturbinnoy-ustanovkoy/viewer (дата обращения: 22.02.2020).

УДК 697.34

МЕТОД «АЛЬТЕРНАТИВНОЙ КОТЕЛЬНОЙ»

Шаяхметова А.Ш.[1], Хасанова Л. Р.[2]

[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]alia21-96@mail.ru, [2]lenara-khas@mail.ru

Науч. рук. Ахметов Т.Р.

В существующих условиях постоянное повышение стоимости затрат на теплоснабжение для владельцев жилья обострит и без того напряженную социальную обстановку в обществе. В то же время большая протяженность теплосетей, отставание их замены от устаревания, недостаточные ежегодные инвестиции в отрасль создают условия для различных техногенных катастроф. Одним из инструментов, позволяющих сэкономить средства граждан и бюджеты различных уровней власти, является реализация метода «альтернативной котельной».

Рассмотрены альтернативные котельные для жилых домов. Предложен расчет экономически обоснованного тарифа за подачу тепла и горячей воды в дома граждан.

Ключевые слова: альтернативная котельная, тариф, потребители, эффективность производства, модернизация, тепловая энергия, методы, затраты, источник тепла.

Альтернативная котельная (АК) – это неофициальное название нового метода расчёта тарифов на тепло, который предлагается использовать в российских городах. Это способ определения величины тарифа и модель отношений между участниками рынка тепла. Метод «Альтернативная котельная» утверждён Федеральным законом № 279-ФЗ от 29 июля 2017 г. Суть этого метода справедливый и универсальный расчёт цен на тепловую энергию исходя из следующего подхода: что дешевле – построить собственный источник тепла или подключиться к уже существующему?

При таком подходе цена на тепло рассчитывается следующим образом: за основу берется стоимость строительства нового источника тепла, подключения к нему потребителей и дальнейшего его обслуживания. На основе этих затрат утверждается предельный уровень для всех источников в городе.

Согласно методу «Альтернативная котельная» цена будет вычисляться по формулам, в которых учтут вид топлива в конкретной системе теплоснабжения, этажность дома, стоимость строительства котельной и среднюю температуру в регионе. Вся территория страны будет разделена на восемь температурных зон по принципу «чем теплее, тем дешевле». Ведь содержание теплосетей в регионах с мягким климатом (например, в Дагестане или Краснодарском крае) обходится дешевле, чем в регионах с суровым климатом (дороже всего в Якутии).

Данный метод имеет свои характерные плюсы:

а) для государства:

– отсутствие необходимости выделения значительных субсидий для строительства генерации;

– привлечение частных инвестиций в капиталоемкую отрасль;

– огромные запасы по росту энергоэффективности;

– наиболее оперативное обновление фондов в электроэнергетике – рост энергобезопасности страны;

– перспектива локализации высокотехнологичных энергомашиностроительных производств в масштабах страны;

б) для потребителей: повышение надежности электро- и теплоснабжения;

в) для инвесторов:

– крупнейший в мире рынок тепла с низкой конкуренцией;

– возможность получения высокой доходности за счет применения распространенных в мире технологий когенерации.

Главным минусом является серьезное повышение тарифов в ЖКХ. Переход на эту концепцию на первом этапе приведет к значительному росту тарифов в некоторых субъектах. Если после расчетов по новой схеме цена за отопление в регионе уменьшится, то в проигрыше останется поставщик. В случае же увеличения стоимости услуг генерирующие компании выиграют, тогда как население ощутит значительный рост. Согласно новой методике расчета тарифы увеличатся следующим образом: Новосибирск – на 63 %; Омск – на 61,6 %; Челябинск – на 46 %; Волгоград – на 42 %; Екатеринбург – на 40 %; Уфа – на 28 %; Ростов-на-Дону – на 15,6 %; Нижний Новгород – на 3,5 %.

Ниже представлены результаты расчета стоимости тепловой энергии по методу «Альтернативной котельной» для города Казани:

1) на 2020 г.:

– расходы на топливо – 716,50 руб./Гкал;

– возврат капитальных затрат – 1 397,05 руб./Гкал;

– расходы на уплату налогов – 339,43 руб./Гкал;

– прочие расходы – 380,61 руб./Гкал;

– расходы по сомнительным долгам – 56,67 руб./Гкал.

Цена на тепловую энергию (мощность) по методу АК (без НДС) – 2 890,26 руб./Гкал.

2) на 2021 г. (с учетом предстоящих изменений):

– расходы на топливо – 733,30 руб./Гкал;

– возврат капитальных затрат – 1 459,61 руб./Гкал;

– расходы на уплату налогов – 354,63 руб./Гкал;

– прочие расходы – 396,35 руб./Гкал;

– расходы по сомнительным долгам – 58,88 руб./Гкал.

Цена на тепловую энергию (мощность) по методу АК (без НДС) – 3 002,77 руб./Гкал.

Из полученных данных видно, что цена на тепловую энергию увеличилась на 112,51 руб./Гкал, расходы на топливо – на 16,8 руб./Гкал. В большинстве городов тариф у котельных значительно выше, чем у ТЭЦ.

При использовании метода «Альтернативная котельная» все производители тепла должны продавать его по единой цене. Если их затраты выше, они будут вынуждены либо повысить свою эффективность либо уйти с рынка. При этом полученную от повышения эффективности экономию теплоснабжающие компании смогут направить на инвестиции.

Появятся ценовые зоны, внутри которых за тарифы будет отвечать ЕТО (единая теплоснабжающая организация). Это не означает, что цены уменьшатся, но они будут прозрачно отрегулированы, а средства будут уходить на конкретные действия – модернизацию теплосетей и обеспечение стабильности работы.

Данный метод выгоден теплоснабжающим организациям, для населения он экономически невыгоден. Но если не предпринимать никаких мер, то в ближайшем будущем начнутся серьезные аварии в системе теплоснабжения. Что лучше: больше платить или остаться зимой без тепла. Перед принятием решения о переходе к данному методу необходимо тщательно проанализировать затраты теплоснабжающих предприятий, на предмет их снижения и, соответственно увеличения затрат на ремонт.

Литература

1. Плотникова Е.М. Альтернативные способы организации теплоснабжения как метод оптимизации инвестиционной политики в сфере теплоэнергетики на региональном и местном уровне // Вестник Академии. 2016. № 1. С. 140–142.
2. Ларионов А.Н., Дмитриева О.В. К вопросу о роли законодательства Российской Федерации в обеспечении комплексного освоения территорий для жилищного строительства // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2017. № 4 (187). С. 81–85.
3. Кизиль Е.В. Теоретико-методологические подходы к исследованию потенциала развития региональной социально-экономической системы // Проблемы современной экономики. 2017. № 1(61). С. 132–135.
4. Богданов А.Б. Высокая энергоемкость – бич российской энергетики // Тепловая энергетика. 2014. № 3 (12). С. 6–7.
5. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. М.: ГУИЭС, 2010. 184 с.
6. Стенников В., Славин Г. Концепция «альтернативной котельной» – разрушитель теплофикации // ЭнергоРынок. 2014. № 2. С. 22–29.
7. Гашо Е.Г. Энергетическое планирование и эффективность теплоэнергоснабжения страны // Энергия: экономика, техника, экология. 2013. № 6. С. 15–21.
8. Жуковский В. Заморозка тарифов: ожидания и возможные результаты // Вопросы регулирования ТЭК: регионы и Федерация. 2014. № 2. С. 25–29.

УДК:621.311.22:621.438

МОДЕРИЗАЦИЯ НИЖНЕКАМСКОЙ ТЭЦ-1 ПУТЕМ НАДСТРОЙКИ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ С КОТЛОМ УТИЛИЗАТОРОМ, С ВЫРАБОТКОЙ ПАРА ВЫСОКИХ ПАРАМЕТРОВ

Широбокова Е.Е.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
elena_shirobokovaa@bk.ru
Науч. рук. Гиниятуллин Б.А.

Рассматривается вариант модернизации ТЭЦ путем надстройки газовой турбиной с котлом-утилизатором на примере филиала АО «ТГК-16» Нижнекамская ТЭЦ ПТК-1.

Ключевые слова: газотурбинная установка, надстройка, модернизация, энерго-эффективность.

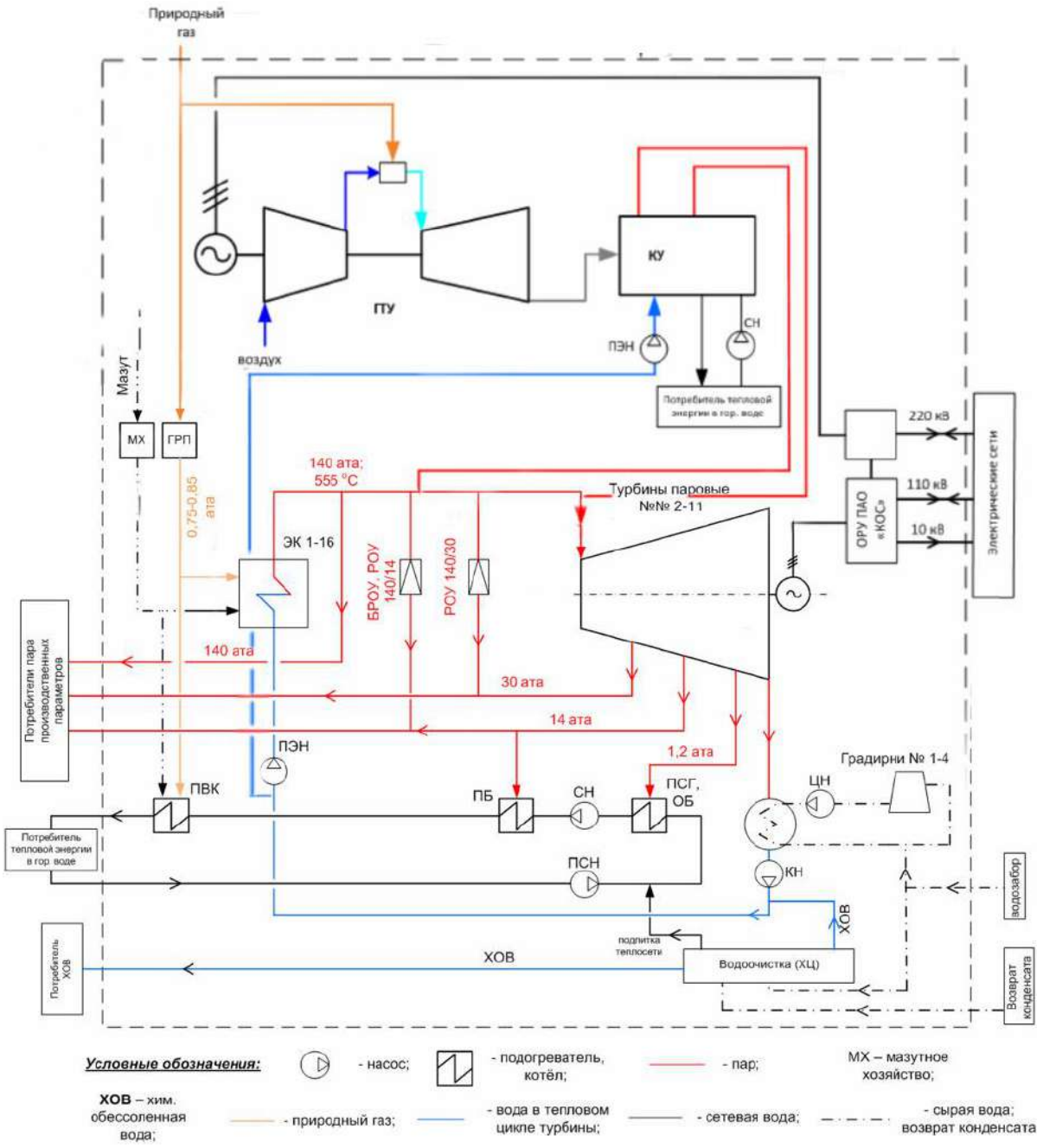
В связи с моральным и физическим устареванием котельного и турбинного оборудования, которое выработало парковый ресурс и работает на основании неоднократно установленного специализированной экспертной организацией индивидуального ресурса, с целью обеспечения эффективной и надежной выработки электрической и тепловой нагрузки предлагается вариант модернизации филиала АО «ТГК-16» Нижнекамской ТЭЦ ПТК-1.

Основная цель данного проекта – обновление генерирующего оборудования с одновременным увеличением отпуска электрической энергии и поставки мощности с повышением надёжности и эффективности, а также обеспечение паром промышленных потребителей.

Одним из эффективных способов модернизации ТЭЦ является надстройка ГТУ (см. рисунок). Он является менее затратным и улучшает экологические показатели станции в целом. Основное топливо – природный газ. Использование природного газа является наиболее эффективным в применении на газотурбинных установках.

ГТУ-надстройка строится по схеме моноблока. При работе воздух из атмосферы через комплексное воздухоочистительное устройство (КВОУ) поступает на вход компрессорной части газовой турбины, сжимается и подается в камеры сгорания газотурбинного агрегата. Образующиеся продукты сгорания направляются в турбинную часть газовую турбину, где расширяясь, производят работу, используемую для привода генератора.

Выхлопные газы от газовой турбины поступают в котел-утилизатор, где охлаждаются в последовательно расположенных поверхностях нагрева пароводяной смеси, генерируя пар, который по паропроводам от котла-утилизатора подается в существующий станционный коллектор.



Надстройка ГТУ с КУ Нижнекамской ТЭЦ-1

Новая схема предполагает отпуск пара от котла-утилизатора со следующими параметрами: 140 кгс/см^2 и 560 °С. Пар 140 кгс/см^2 поступает в магистральный паропровод НКТЭЦ-1 и далее направляется в существующие паровые турбины для выработки электрической и тепловой энергии.

Предусмотрено проведение теплового и аэродинамического расчета котла утилизатора, под выбранную газовую турбину, также параметров пара, необходимых для паросиловой части ТЭЦ и проведение технико-экономических расчетов проекта (см. таблицу).

Проектные данные

Описание проекта ГТУ НКТЭЦ	Ед. из	Значение
Электрическая мощность	МВт	435
Мощность собственных нужд	МВт	21,7
Электрическая мощность нетто	МВт	413,3
Время работы	ч/год	8 000
Расход топлива на ГТУ	т у.т./ч	129,9
КПД брутто	%	40,8

Пар в ГТУ вырабатывается не в энергетических котлах, в топке которых сжигается топливо, а в котлах-утилизаторах, использующих физическую теплоту рабочего тела газовой турбины – смеси воздуха с продуктами сгорания.

Особенностью расчета котла-утилизатора за газовой турбиной является существенная зависимость всех ее основных характеристик от температуры окружающего воздуха, которая в течение года меняется в широких пределах.

Литература

1. Ольховский Г.Г. Применение ГТУ и ПГУ на электростанциях // Энергорынок. 2004. № 5.

2. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. М.: Издательство МЭИ, 2002. 584 с.

3. Арсеньев Л.В., Тарышкин В.Г. Комбинированные установки с газовыми турбинами. Л.: Машиностроение, 1982.

4. Анализ вариантов надстройки ТЭЦ газотурбинной установкой. [Электронный ресурс] URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-variantov-nadstroyki-tets-gazoturbinnoy-ustanovkoy/viewer

5. Безлепкин В.П. Парогазовые и паротурбинные установки электростанций. СПб.: СПбГТУ, 1997. 293 с.

6. Газовая турбина SGT5-8000H [Электронный ресурс]. URL: https://new.siemens.com (дата обращения: 21.02.2020).

УДК 621.181+621.438

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Яхшыгулова Р.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
yakhshygulova96@mail.ru
Науч. рук. Низамова А.Ш.

Рассмотрен принцип действия парогазовой установки (ПГУ), ее преимущества и недостатки по сравнению с паротурбинными и газотурбинными установками. Рассмотрены перспективы использования парогазовых установок на тепловых электростанциях России.

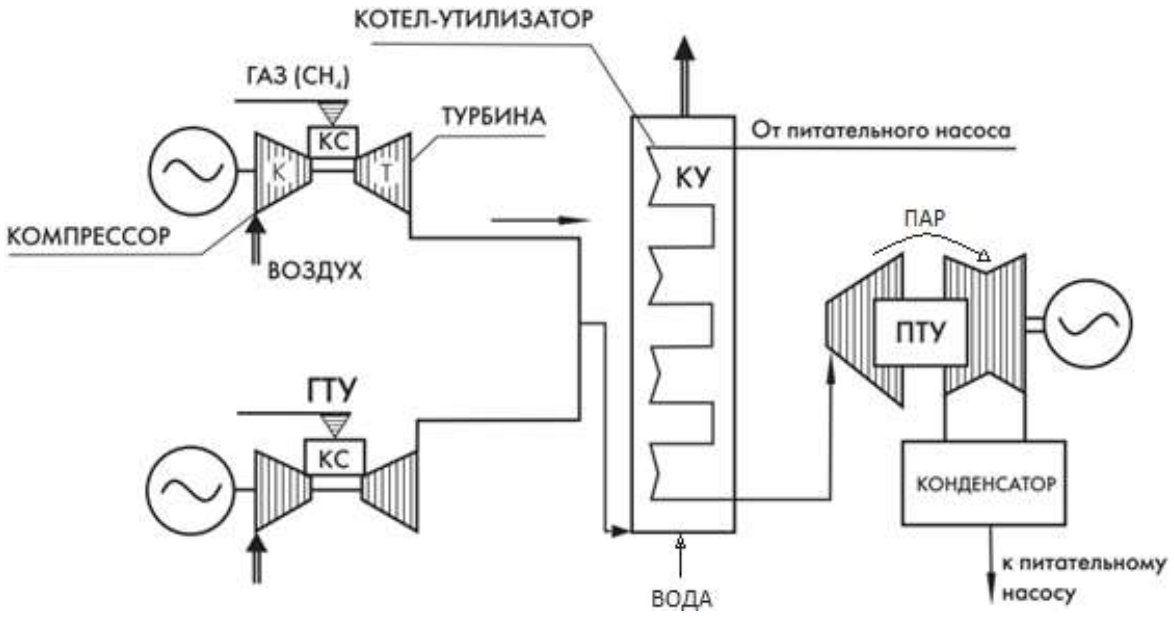
Ключевые слова: парогазовая установка, электроэнергетика, эффективность.

В промышленности процесс преобразования энергии топлива в электроэнергию включает создание механической работы, которая затем преобразуется в электроэнергию с помощью генератора. В зависимости от типа топлива и термодинамического процесса общая эффективность этого преобразования может составлять всего 30 процентов. Это означает, что две трети скрытой энергии топлива в конечном итоге теряются. Например, паровые электростанции, которые используют котлы для сжигания используемого топлива, имеют КПД в среднем 33 %. Газотурбинные установки имеют в среднем КПД чуть менее 30 процентов по природному газу и около 25 % по мазуту. Большая часть энергии тратиться впустую на тепловыделения в атмосферу, лишь малая часть поступает потребителю.

В нынешнее время техника не может создать установки, преобразующие тепло в электрическую энергию напрямую. Чтобы повысить общую эффективность электростанций, можно объединить несколько процессов для извлечения и использования остаточной тепловой энергии

Согласно Энергетической стратегии России [2] в электроэнергетике России в период до 2020 г. планировалось внедрить в эксплуатацию значительное количество современных установок, объединяющих газотурбинную и паротурбинную установку в единый комплекс – парогазовую установку (ПГУ). ПГУ являются перспективным направлением в энергетике из-за относительно высокого КПД по сравнению с паротурбинными установками. КПД парогазовых установок на данный момент уже достигают 60 %.

Эффективность ПГУ достигается путем объединения в своей конструкции как газовой, так и паровой турбины, чтобы производить больше электроэнергии из того же топлива, чем традиционная паротурбинная установка с простым циклом. Газовая турбина сжимает воздух и смешивает его с топливом, которое нагревается до очень высокой температуры. Горячая воздушно-топливная смесь движется через лопатки газовой турбины, заставляя их вращаться. После прохождения турбины газ имеет давление близкое к наружному, что не даёт ему совершить работу. Однако его температура еще довольно высока и составляет порядка 500–600 °С. Отработанное тепло от газовой турбины направляется в котел-утилизатор, где нагревается вода и образующийся пар; паросиловую установку. Высокая температура газа позволяет получить пар, давление которого достигает 100 атмосфер, что дает возможность успешно применять полученный пар в паровой турбине. Паровая турбина посылает свою энергию на приводной вал генератора, где она преобразуется в дополнительную мощность (см. рисунок) [3].



Принцип действия парогазовой установки

Преимущества:

– КПД может достигать 60 % по сравнению с паросиловыми установками 33–45 % и газотурбинными установками 28–42 %;

– низкая себестоимость единицы мощности, поскольку 2/3 энергии производится в ГТУ и только 1/3 в ПТУ, таким образом, требуемые инвестиционные затраты примерно на 30 % меньше, чем для обычной паровой электростанции;

– требуемое количество охлаждающей воды составляет всего около 40–50 % от количества, необходимого для паровой установки;

– отличная эксплуатационная гибкость – простой паровой цикл позволяет быстро запускать и выключать установки, что также влияет на эффективность в положительном направлении (сокращая потери при запуске);

– быстрые сроки возведения ПГУ (9–12 месяцев);

– низкое воздействие на окружающую среду по сравнению с ПТУ.

Недостатки:

– необходимо фильтровать воздух, который используется в камерах сгорания топлива;

– ограничения на типы используемого топлива;

– сезонные ограничения мощности, наибольшая эффективность в зимний период.

Внедрение парогазовых установок в энергетику России является очень перспективным направлением. ПГУ имеют очень большую экономическую и инвестиционную эффективность, так как существует необходимость не только повышения КПД станции, но и замены изношенного оборудования станций, сокращения выбросов и экономии топлива в процессе производства тепловой и электрической энергии.

Литература

1. Энергетическая эффективность парогазовых установок [Электронный ресурс] / Б.Ю. Киселёв [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5 (47). Ч. 3. С. 113–115. URL: https://research-journal.org/technical/energeticheskaya-effektivnost-parogazovyx-ustanovok/ (дата обращения: 16.02.2020).

2. Основные положения Энергетической стратегии России на период до 2020 года [Электронный ресурс]: утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 28 августа 2003 г. № 1234-р. URL: http://docs.cntd.ru/document/901872984 (дата обращения: 16.02.2020).

3. Письменный В.Л. Многорежимная парогазовая установка // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2006. № 7-8. С. 43–48.

Секция 2. ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГОУСТАНОВОК И СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

УДК 697.3

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ОБЪЕКТАХ ЖКХ

Аманов Д.В.
ФБГОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
amanovdim21.11@gmail.com
Науч. рук. Валиев Р.Н.

Рассмотрены вопросы определяющие энергоэффективность тепловых пунктов применяемых на объектах ЖКХ в современных условиях.

Ключевые слова: тепловой пункт, энергосбережение, энергоэффективность.

Сегодня из-за повышения цен на энергоносители вопросы энергосбережения вышли на первый план. В многоквартирном жилом доме с центральным теплоснабжением достичь экономии тепловой энергии можно за счет проведения комплекса мероприятий повышающих класс энергоэффективности здания.

В домах советской постройки для регулирования тепловой нагрузки систем отопления зданий в основном применяли тепловые пункты с элеваторами. Настройка элеваторов заключалась в правильном подборе диаметра сопла. Теплоноситель, прямая сетевая вода, поступающая в элеватор от теплоисточника, смешивалась в определенной пропорции с обратной сетевой водой, возвращаемой от внутридомовой системы теплоснабжения. Таким образом, осуществлялось качественное регулирование по температурному графику [1]. При отклонении параметров теплоносителя от расчетных, элеватор либо пропускал больший расход через потребителя, что приводило к перетопам или завышению температуры обратной сетевой воды, либо не обеспечивал необходимый коэффициент смешения, что приводило к недотопу. Для решения проблемы

«переходного периода» элеваторы стали оборудовать регуляторами, изменяющими коэффициент смешения прямой и обратной сетевой воды, но проблему до конца так при этом и не решили.

Автоматическое регулирование параметров теплоносителя в современных индивидуальных тепловых пунктах (ИТП) на сегодняшний день является обязательным. С целью регулирования потребления тепла в ИТП применяется широкий перечень запорно-регулирующей арматуры и средств автоматики [2].

Основным органом теплового пункта является двухходовый клапан или регулятор расхода – именно с его помощью ограничивается максимальный расход греющего теплоносителя и, в соответствии с температурным графиком и погодными условиями, осуществляется регулирование потребляемой тепловой энергии для обеспечения комфортных условий в зависимости от температуры наружного воздуха. Клапан имеет электропривод, который управляется контроллером. Если температура воды превышает заданное значение, клапан частично перекрывается и наоборот. Подача и циркуляция теплоносителя осуществляется насосами.

Центральным устройством, которое управляет работой клапана, насосов и ИТП в целом, является микропроцессорный контроллер. Он позволяет обеспечивать поддержание температуры теплоносителя в соответствии с температурой наружного воздуха, автоматическое снижение температуры в ночное время, управление циркуляционными насосами по правилу поочередного включения, а также защиту насосов от перекоса фазных напряжений и от перегрузки двигателя.

В числе вспомогательного оборудования используются запорная и предохранительная арматуры, а также фильтры очистки воды, датчики температуры и давления и другие элементы.

Несмотря на свою схожесть, все современные ИТП имеют свои особенности. Обычно они определяются схемой присоединения системы отопления здания к сети центрального теплоснабжения. По параметрам сети центрального теплоснабжения, давлению и температуре теплоносителя подбираются технические характеристики тепловых пунктов.

Учитывая нестабильность гидравлических характеристик и качества теплоносителя в централизованной сети, более надежным, считается применение ИТП с независимой схемой подключения. В них передача

тепла от центральной сети теплоснабжения к внутридомовой системе отопления осуществляется через теплообменники пластинчатого типа [2]. Они могут быть паяными или разборными.

Схема ИТП с независимой схемой подключения дороже, чем схема ИТП с зависимой схемой подключения, но зато защищает внутридомовые системы отопления от изменений давления в центральной сети. Если кроме отопления необходимо обеспечить централизованное горячее водоснабжение, дополнительно устанавливают один или несколько теплообменников для подогрева водопроводной воды. В зависимости от соотношений нагрузки на отопление и горячее водоснабжение применяют одноступенчатые и двухступенчатые схемы присоединения теплообменников.

Применение ИТП в современных экономических условиях оказалось для теплоснабжающих организаций более эффективным мероприятием, чем реконструкция центральных тепловых пунктов (ЦТП). Благодаря переходу на ИТП вся ответственность за обслуживание и содержание индивидуальных тепловых пунктов, и особенно систем горячего водоснабжения, возлагается на потребителей, в чьих подвалах обычно и размещаются ИТП.

В целом, автоматизированные ИТП, в сочетании с авторегуляторами расхода в помещениях, позволяют использовать тепловую энергию с минимальными потерями. Применяемые в ИТП современные малошумные циркуляционные насосы, компактные пластинчатые теплообменники, приборы авторегулирования и учета теплоты позволяют успешно решать задачи по созданию энергоэффективных систем теплоснабжения.

Литература

1. Тихомиров А.К. Теплоснабжение района города : учеб. пособие. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2006. 135 с.

2. Экономическая эффективность массового внедрения индивидуальных тепловых пунктов в городе Елабуге / В.К. Жуков [и др.] // Энергосовет. 2014. № 5 (36). URL: http://www.energosovet.ru (дата обращения: 25.12.2019).

3. Копко В.М., Пшоник М.Г. Пластинчатые теплообменники в системах централизованного теплоснабжения. Минск: БНТУ, 2005. 199 с.

УДК 66.069.84:665.612.3

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ВОДОГРЕЙНЫМИ КОТЛАМИ

Аминов Р.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
aminov.ruzzzlan96@gmail.com
Науч. рук. Валиев Р.Н.

Рассмотрен способ повышения эффективности работы системы теплоснабжения с водогрейными котлами за счет антикоррозионной обработки воды.

Ключевые слова: система теплоснабжения, водогрейный котел, дегазатор, природный газ, коррозия.

Надежность и экономичность работы любых источников и систем теплоснабжения определяет эффективность противокоррозионной обработки. Особенно этот вопрос актуален в настоящее время из-за значительного износа оборудования и нехватки средств для его замены.

Основная часть нашей страны проживает в умеренных широтах, где большую часть года холодно и где для подержания комфортных условий для жизни и деятельности в системах теплоснабжения в основном используются подогреватели сетевой воды, работающие на паре теплофикационных отборов, или водогрейные котельные установки, работающие на природном газе.

Системы теплоснабжения на базе водогрейных котельных установок получили широкое распространение в нашей стране. Однако данные системы имеют проблемы, связанные со снижением надежности работы водогрейной котельной установки и всей системы теплоснабжения из-за внутренней коррозии оборудования и трубопроводов. Это в том числе связано с избыточным по отношению к составу сетевой воды содержанием кислорода и углекислого газа в окружающей среде и подпиточной воде. Во многих системах теплоснабжения противокоррозионная обработка воды отсутствует совсем [1]. Это происходит из-за нецелесообразности применения атмосферных и вакуумных деаэраторов или нежелания применять химические реагенты.

В данной работе проблему противокоррозионной обработки воды в системах теплоснабжения предлагается решить путем проведения процесса десорбции с использованием природного газа в качестве десорбирующей

среды по способу, предложенному в работе [2]. Для достижения поставленной цели предлагается в схему подпиточной воды, изображенную на рисунке, включить дегазатор *7*, подключенный по природному газу к газопроводу *3* перед горелкой котла *2*.

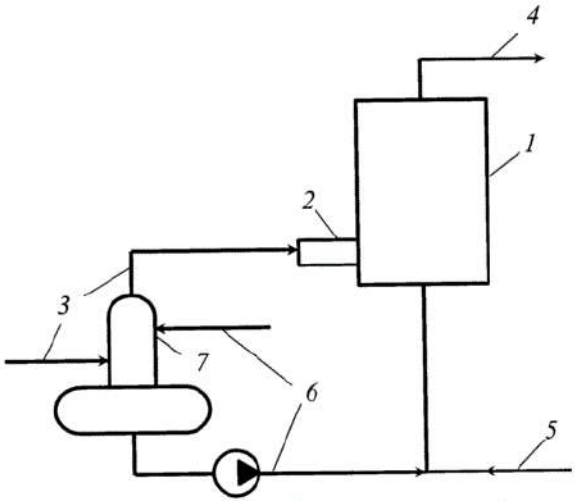


Схема подключения дегазатора: *1* – котел; *2* – горелка; *3* – газопровод; *4* – трубопровод нагретой воды; *5* – трубопровод обратной воды; *6* – трубопровод воды пропускаемой через дегазатор; *7* – дегазатор подпиточной воды

Это позволит обеспечить эффективную противокоррозионную обработку подпиточной воды путем дегазации, с использованием природного газа и повысить эффективность работы водогрейной котельной установки за счет поддержания необходимой концентрации кислорода и углекислого газа в воде.

Водогрейная котельная установка системы теплоснабжения работает следующим образом (см. рисунок). В котле *1* нагревается вода, которая по трубопроводу *4* подается в местные системы отопления и ГВС. Обратная вода возвращается в котел *1* по трубопроводу *5*, в качестве топлива в котле *1* используется природный газ, подаваемый в горелку *2* по газопроводу *3*. Часть обратной воды в постоянном режиме освобождается от кислорода и углекислого газа в дегазаторе *7* и подается по трубопроводу *6* в обратный трубопровод *5* или в аккумулятор подпиточной воды (на схеме не показан). В качестве рабочей среды в процессе дегазации воды используется природный газ, практически не содержащий в своем составе кислорода и углекислого газа [3, 4].

Таким образом, эта схема позволяет обеспечить эффективную противокоррозионную обработку воды в дегазаторе путем дегазации воды с использованием природного газа, как десорбирующего агента.

Основные вопросы, требующие решения в процессе реализации данной технологии: влияние процесса извлечения и уноса кислорода и углекислого газа из воды природным газом в дегазаторе на процесс горения природного газа в топке котла, согласование расходов природного газа и воды, подбор подходящей конструкции дегазатора, обеспечение поддержания требуемого давления газа перед горелками, сепарация или использование выносимых с природным газом капель воды, автоматизация контроля уровня содержания кислорода и углекислого газа в воде.

Литература

1. Werner S. International review of district heating and cooling // Journal Energy. 2017. Vol. 137. Pp. 617–621.
2. Шарапов В.И. Термическая деаэрация воды для ТЭЦ и систем теплоснабжения [Электронный ресурс] // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2006. № 5. URL: https://www.c-o-k.ru/articles/termicheskaya-deaeraciya-vody-dlya-tec-i-sistem-teplosnabzheniya (дата обращения: 19.02.2020).
3. Atli Benonysson, Hans F. Ravn. Operation optimization in a district system // Journal Energy Conversion and Management. 2013. Vol. 36, Is. 5. Pp. 297–314.
4. Технология десорбции растворенного кислорода из воды уходящими газами котла / Р.И. Камалов [и др.] // Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности: сб. тр. 7-й Междунар. науч.-техн. конф. Ульяновск, 2017. Т. 2. С. 189–194.

УДК 66.07:665.622.2

СЕПАРАЦИОННЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ПОПУТНОГО ГАЗА

Ахметгалиев И. Ф.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
info.ahmet@yandex.ru
Науч. рук. Кондратьев А.Е.

Применение инерциальных методов очистки в переработке попутного нефтяного газа.

Ключевые слова: сепарация, попутный газ, инерциальный метод, вихревой сепаратор.

В современном нефтегазовом секторе остро стоит вопрос утилизаций попутного нефтяного газа. Попутный газ является побочным продуктом нефтедобычи, переработку которого принято считать нерентабельной, поэтому его просто сжигают в специализированных факелах на местах добычи нефти, что несет дополнительные экономические и экологические проблемы. Экологический аспект заключается в том, что, при сжигании попутного газа в атмосферу выбрасывается большое количество вредных веществ, что негативно сказывается на состоянии окружающей среды близлежащих территорий [1].

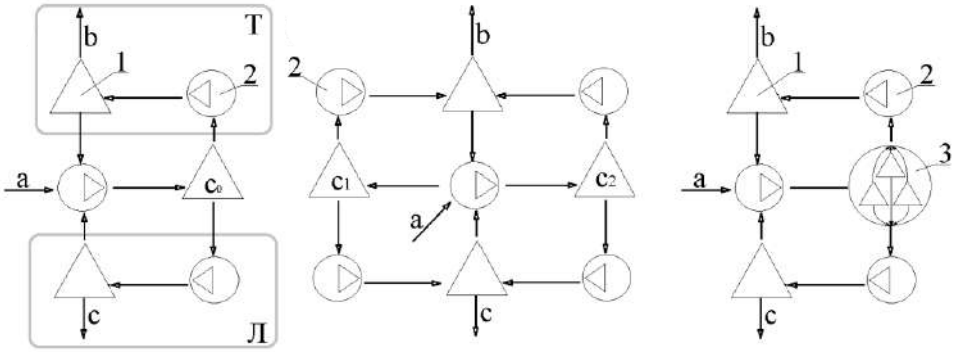
Попутный газ имеет высокую энергетическую ценность, так как в его состав входят такие газы, как метан, пропан, бутан и другие тяжелые углеводороды. Метан и его гомологи в очищенном виде имеют широкое применение. Например, метан являет экологически чистым видом топлива и применяется в качестве автомобильного топлива. Его использование в автотранспорте экономически обосновано тем, что средняя цена на газозаправочных станциях по России на 2019 г. составляет порядка 20 руб./кг, когда цена литра бензина марки АИ-92 составляет 42 руб. При идентичном расходе потери мощности на двигателе при использовании современного газобаллонного оборудования незначительны. Метана в попутном газе значительно меньше, чем в природном. Наличие таких примесей, как азот и углекислый газ, делает использование попутного газа в качестве топлива низкоэффективным, поскольку они не обладают теплотворной способностью, а наличие сероводорода подвергает газопроводы и оборудование усиленной коррозии, что делает обоснованным его утилизацию путем сжигания. Однако сжигание попутного газа ведет не только к потере полезных энергоресурсов, но и ведет к развитию проблемы глобального потепления. Поэтому для дальнейшего применения попутного газа необходимо произвести его очистку.

Одним из перспективных методов очистки является инерциальный метод, который основан на воздействии центробежных сил на частицы с различной массой.

На газонефтяных месторождениях применяется низкотемпературная сепарация, которая проводится при температурах от 0 до –30 °С [2]. Температура кипения для каждого из компонентов попутного газа различна, для углеводородов эта температура увеличивается по мере увеличения молекулярной массы и длины главной углеродной цепи. Пары воды за счет низкой температуры конденсируются в капли и в дальнейшем образуют кристаллогидраты, которые затем удаляются в сепараторе вместе с жидкими углеводородами, а оставшиеся жидкие фазы можно разделить ректификационным способом. Газ на выходе из сепаратора в основном будет содержать метан, этан, пропан, бутан, углекислый газ, азот и сероводород.

Для отделения пропан бутановой фазы предлагается использовать метод сверхзвуковой сепарации. Если пропустить сжатый газ через сопло Лаваля, он теряет давление, и, как следствие, понижается его температура, но возрастает кинетическая энергия потока [3]. Пропан и бутан в таком случае собираются в мелкодисперсные капли жидкости, образуя газожидкостную смесь. Повысив давление на входе в сопло до 60 атм., можно добиться подобного эффекта и для углекислого газа, и сероводорода [4, 5].

Для достижения эффективного разделения газов применяют многоступенчатую вихревую сепарацию (рис. 1, *а*). Попутный газ подается в компрессор и под давлением направляется в базовый сепаратор C_0, где разделяется на два потока. Поток легкой фракции направляется в секцию обогащения частицами малой молекулярной массы Л, где поток тяжелых частиц направляется на смешение с исходным газом, а поток легких частиц *c* (предположительно метан, этан, водород) выводится из системы очистки. Поток тяжелой фракции, соответственно, подается в секцию обогащения компонентами более высокой молекулярной массы *Т*, где поток более легких частиц направляется на смешение с исходным газом, а поток тяжелых частиц *b* (углекислый газ, сероводород и пр. тяжелые примеси) выводится из системы очистки. Количество ступеней может меняться в зависимости от допустимой концентрации более тяжелых углеводородов в получаемой смеси. Для модернизации аппаратного метода очистки биогаза предлагается альтернативная схема, где используется два базовых сепаратора C_1 и C_2 и которая позволит значительно повысить производительность сепарационной установки (рис. 1, *б*). Суммарной производительностью установки будет производительность двух секций этих сепараторов. Чтобы уменьшить нагрузку на базовый сепаратор и повысить максимальную пропускную способность, также предлагается использовать пучок из нескольких сепараторов (рис. 1, *в*).



а *б* *в*

Рис. 2. Многоступенчатая вихревая сепарация: *1* – сепаратор; *2* – компрессор; *3* – пучок сепараторов

Таким образом, очистка попутного газа позволяет не только получать достаточно чистое и доступное углеводородное топливо, но и решает проблему его утилизации, существенно сокращая выбросы вредных веществ в атмосферу. Многоступенчатая схема сепарации позволяет достаточно качественно разделять попутный газ на компоненты.

Литература

1. Тетельмин В.В., Язев В.А., Соловьев А.А. Сланцевые углеводороды, технологии добычи, экологические угрозы. Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2014. 296 с.
2. Кобилов Х.Х., Гойибова Д.Ф., Назарова А.П. Низкотемпературная сепарация углеводородов из природного и нефтяного попутных газов // Молодой ученый. 2015. № 7. С. 153–155.
3. Мияссаров Р.Ф., Ишмурзин А.А., Махмутов Р.А. Оборудование низкотемпературной подготовки природного газа газоконденсатных месторождений // Технологии нефти и газа. 2017. № 3. С. 57–61.
4. Мазгаров А.М., Корнетова О.М. Технологии очистки попутного нефтяного газа от сероводорода: учеб.-метод. пособие. Казань: Казан. ун-т, 2015. 70 с.
5. Устройство для сжижения и сепарации газов: пат. 2348871 Рос. Федерация № 2007131786/06; заявл. 22.08.07; опубл. 10.03.09, Бюл. № 7.

УДК 658.264

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕХА ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Аюпов Р.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
difut@mail.ru
Науч. рук. Звонарева Ю.Н.

Рассмотрены проблемы, встречающиеся в системах теплоснабжения промышленных производств, проведен анализ существующих систем автоматического регулирования отопления здания и выбрана оптимальная для цеха по производству химических реагентов.

Ключевые слова: энергоэффективность, циркуляционный насос, отопительные приборы, система автоматического регулирования отопления.

В качестве примера рассмотрено предприятие ООО «ТаграСХим-Сервис», которое на протяжении долгого времени производит химическую продукцию в больших объемах.

Производственная структура предприятия включает в себя три цеха и базу производственного обслуживания. При прохождении производственной практики на рассматриваемом предприятии были обнаружены проблемы, которые ведут к снижению энергоэффективности системы теплоснабжения, увеличению тепловых потерь и увеличенному потреблению энергоресурсов.

Предприятие имеет на своем балансе котельную, которая обеспечивает технологические нужды цеха. Система отопления производственных помещений запитана от стороннего теплоисточника, который находится на балансе теплоснабжающей организации ООО «Тепло-Энергосервис». На нужды горячего водоснабжения используются электрические водонагреватели. В процессе эксплуатации тепловой сети возникают такие проблемы, как «перетопы», «недотопы» и разбалансировка тепловой сети. Издержки теплоснабжающей организации, поставляющей тепловую энергию на отопление, каждые полгода возрастают в среднем на 4–5 %. В связи с этим возрастает и себестоимость выпускаемой продукции данного цеха.

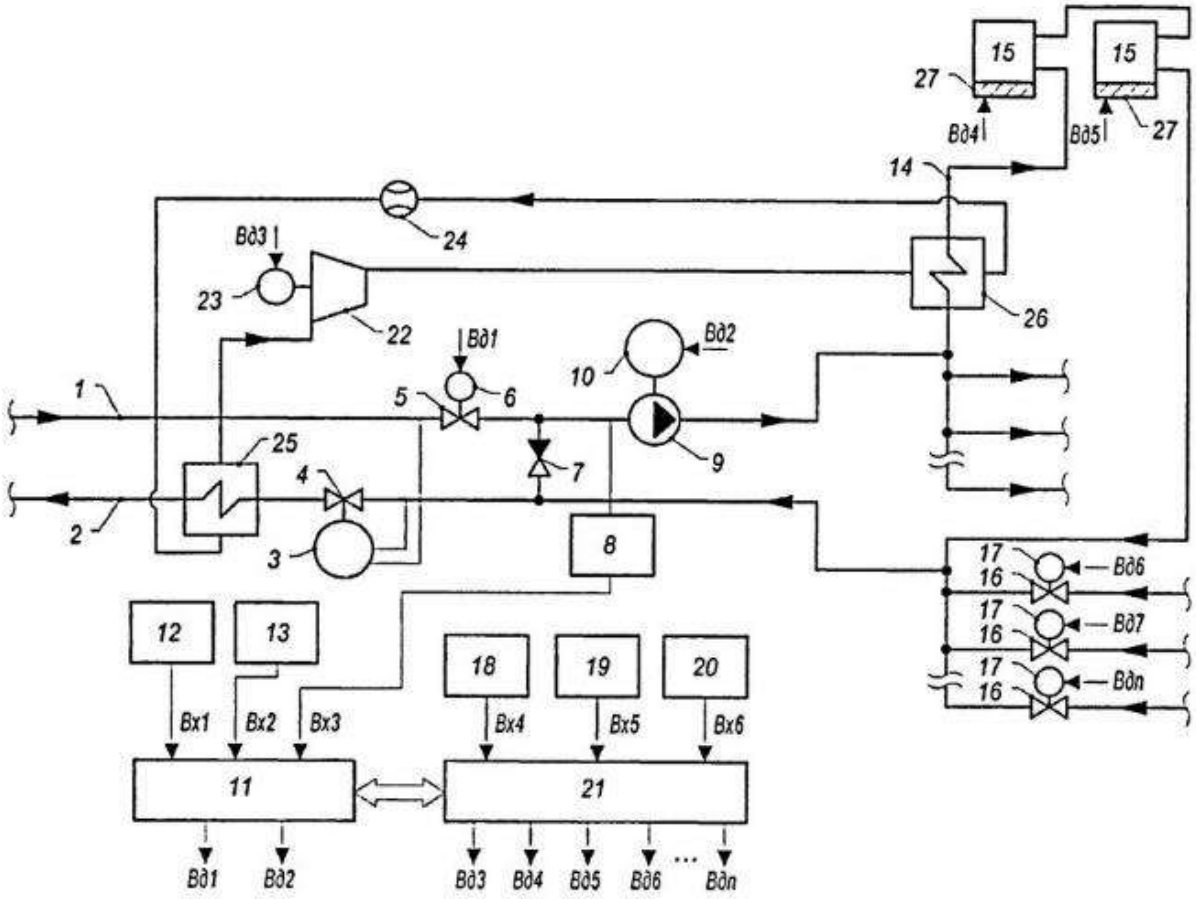
Одним из перспективных вариантов решения проблемы является внедрение системы автоматического регулирования отопления зданий.

Данный метод предусматривает автоматический переход на дежурное отопление всех помещений кроме тех, которые предназначены для персонала, и требуют контроля со стороны поддержания нормативной температуры внутри помещения.

Предлагаемая система автоматического регулирования отопления здания представлена на рисунке [1].

Основным недостатком таких схем является относительно высокая их стоимость при реконструкции существующих систем отопления зданий с учетом установки термостатов на отопительных приборах и авторегулирования температуры теплоносителя в ИТП.

Технически близкой является САР с учетом климатических факторов. Недостатком данной системы регулирования является невозможность поддержания допустимой температуры в помещениях, где могут находиться люди, при переводе данной системы в режим дежурного отопления [2].



Принципиальная схема системы автоматического регулирования отопления здания: *1* и *2* – подающий и обратный трубопроводы; *3* – регулятор давления с регулирующим устройством прямого действия; *4* – клапан; *5*, *7* и *24* – регулирующий, обратный и дроссельный клапаны; *6* – исполнительный механизм регулирующего клапана; *8*, *12* и *13* – датчики температуры: погружной, наружного и внутреннего воздуха; *9* – циркуляционный насос; *10* – электропривод циркуляционного насоса; *11* – локальный контроллер; *14* – ответвление подающего трубопровода к контролируемому помещению; *15* – отопительный прибор; *16* и *17* – дополнительный регулирующий клапан и его исполнительный механизм; *18* и *19* – дополнительные датчики температуры внутреннего и наружного воздуха; *20* – дополнительный датчик температуры внутреннего воздуха контролируемого помещения; *21* – дополнительный контроллер; *22* – компрессор; *23* – электропривод компрессора; *25* – испаритель; *26* – конденсатор; *27* – группа вентиляторов

Нашей задачей является выбор оптимального решения, по переводу существующей системы теплоснабжения рассматриваемого предприятия, для повышения уровня безопасности, снижения потребления тепловой энергии за счет перехода на дежурное отопление, повышения энерго-эффективности цеха, уменьшения себестоимости выпускаемой продукции.

Литература

1. Система автоматического регулирования отопления здания [Электронный ресурс]. http://www.freepatent.ru/patents/2527186 (дата обращения: 20.02.2020).

2. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. К.: II ДП «Такі справи», 2007. 252 с.

3. Отопление и вентиляция производственных помещений / А.М. Гримитлин [и др.]. СПб.: АВОК Северо-Запад, 2007. 399 с.

УДК 621.438:669.184.152.6

ВОЗМОЖНОСТИ ГАЗОТУРБИННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА КОНВЕРТЕРНОМ ГАЗЕ

Вараксина Е.А.

ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск

varaksina1999@mail.ru

Науч. рук. Картавцев С.В.

Рассмотрена возможность газотурбинной генерации на конвертерном газе. Из-за периодичности выхода конвертерного газа, в моменты прекращения его подачи, турбина будет работать на коксодоменной смеси. Представлен график выхода конвертерного газа, расчет процентного содержания смеси газов.

Ключевые слова: газотурбинная генерация, конвертерный газ, доменный газ, коксовый газ.

Существенным резервом экономии топлива в современной промышленности является использование вторичных энергетических ресурсов, которые неизбежно возникают в энергоемких технологических процессах.

Наиболее эффективным видом газообразного топлива является коксовый газ, применяемый как топливо в различных областях промышленности и бытовом газоснабжении. Его состав и свойства могут отличаться от условий коксования и качества исходного материала. Примерный состав выглядит следующим образом: H_2 – 50…60 %; CH_4 – 20…30 %; CO – 5…7 %; CO_2 – 2…3 %; N_2 – 2…3,5 %.

Доменный газ, образующийся во время выплавки чугуна в доменных печах, так же получил широкое применение. Примерный состав колеблется в пределах: CO_2 – 4…15 %; CO – 25…34 %; CH_4 – 0…2 %; H_2 – 1…10 %; N_2 – 50…59 %.

Значительным резервом для энергосбережения в черной металлургии является использование газов сталеплавильных агрегатов конвертеров, потенциал которых оценивается в размере 1,25 млн т у.т./год. Примерный состав газа: CO – 85…90 %; CO_2 – 8…14 %; O_2 – 1,5…3,5 %.

В кислородно-конвертерном производстве можно выделить ряд проблем связанных с утилизацией конвертерных газов. Таковыми являются высокая температура [1], периодичность их выхода, большая запыленность [2].

Ранее были разработаны методы понижения температуры газа с помощью впрыскивания водяного пара [3], углекислотной [4] и пароуглекислотной [5] конверсии метана.

Известно, что из-за периодичности выхода конвертерного газа проблема его аккумуляции не решена [6], на действующих крупных конвертерах газ сжигается на свече.

В типовом конвертерном цехе находятся три конвертера, два из которых находятся в работе, а один считается резервным.

При одновременно двух работающих конвертерах, выход газа может суммироваться в пике, либо упасть до нуля. График выхода газов представлен на рисунке.

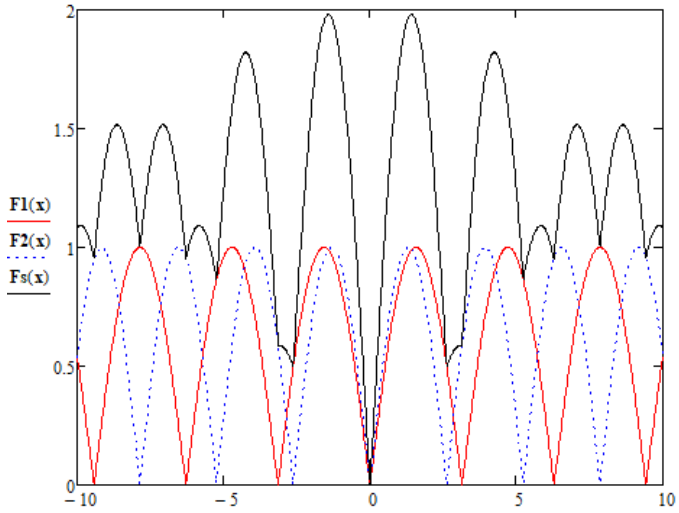


График работы конвертерных газов

В работе рассмотрена возможность газотурбинной генерации на конвертерном газе.

Предлагается очищенный конвертерный газ подавать на турбину для выработки электрической энергии. Так как он имеет периодичность выхода 15 минут из 45, это затрудняет работу.

Одним из решений является совместная подача доменного и коксового газа на турбину, в периоды, когда выход конвертерного газа падает до нуля.

Как известно, теплота сгорания конвертерного газа – 8…12 МДж/м^3, доменного – 3,5 МДж/м^3, а коксового – 18 МДж/м^3. Таким образом, для обеспечения постоянной мощности, смесь газов должна иметь теплоту сгорания, попадающую в диапазон теплоты сгорания конвертерного газа.

Найдем процентное соотношение доменного и коксового газа. Для этого составим систему уравнений:

$$\begin{cases} xQ_{\text{кокс}} + yQ_{\text{дом}} = Q_{\text{конв}}; \\ x + y = 2, \end{cases}$$

где x и y – соответственно содержание коксового газа и доменного газа в смеси; $Q_{\text{кокс}}$, $Q_{\text{дом}}$ и $Q_{\text{конв}}$ – теплота сгорания коксового, доменного и конвертерного газа.

Решая уравнение, получим, что для подержания постоянной мощности на турбине после подачи 2 м^3 конвертерного газа (пик выхода, см. рисунок) необходимое содержание коксового газа должно варьироваться в диапазоне 1,66…1,94 м^3, а доменного – в диапазоне 0,34…0,06 м^3.

Таким образом, расход коксодоменной смеси позволит полностью использовать конвертерный газ с его переменным выходом.

Литература

1. Нешпоренко Е.Г., Картавцев С.В. Горения и конверсия топлив в промышленных теплоэнергетических установках: учеб. пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. 63 с.

2. Картавцев С.В. Теплоэнергетические системы и энергетические балансы промышленных предприятий: учеб. пособие. 2-е изд. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. 155 с.

3. Баскакова А.А., Вараксина Е.А., Картавцев С.В. Исследование вариантов охлаждения газов кислородных конвертеров // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика: матер. Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти проф. Н.И. Данилова. Екатеринбург, 2018. С. 86–89.

4. Вараксина Е.А., Баскакова А.А., Картавцев С.В. Энергоэффективный способ охлаждения конвертерных газов // Энергетики и металлурги настоящему и будущему России: матер. 20-й Всерос. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и специалистов / под общ. ред. Е.Б. Агапитова. Магнитогорск, 2019. 199 с.

5. Вараксина Е.А., Картавцев С.В. Энергоэффективный вариант утилизации конвертерных газов // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика: матер. Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти проф. Н.И. Данилова. Екатеринбург, 2019. С. 446–449.

6. Баймуратова Э.М., Медведев И.А., Картавцев С.В. Разработка усовершенствования технологий обжига известняка // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика: матер. Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти проф. Н.И. Данилова. Екатеринбург, 2019. С. 426–429.

УДК 621.311.243:697.3

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЛОСКИХ И ВАКУУМНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Власов И.С.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
web13ric@gmail.com
Науч. рук. Кондратьев А.Е.

Разобраны конструктивные особенности плоских и вакуумных солнечных коллекторов, перечислены их достоинства и недостатки. Проведена сравнительная оценка эффективности применения солнечных коллекторов при различных температурах воздуха.

Ключевые слова: солнечный коллектор, энергоэффективность, альтернативная энергетика, солнечная энергетика.

Солнечная энергетика благодаря своей доступности и экологичности является одним из наиболее перспективных направлений альтернативной энергетики. На сегодняшний день активно разрабатываются и совершенствуются устройства для использования солнечной энергии [1]. Применение

в жилых домах устройств для преобразования солнечной энергии в тепловую – солнечных коллекторов – может серьезно сократить как потребление первичных энергоресурсов в масштабах всей страны, так и материальные расходы потребителей на нагрев воды традиционным способом.

Наибольшего распространения на практике в системах солнечного теплоснабжения жилых домов получили плоские и вакуумные солнечные коллекторы, каждый со своими конструктивными особенностями, достоинствами и недостатками.

Плоский – наиболее простой тип солнечного коллектора. Он состоит из корпуса, поглотителя солнечного излучения (абсорбера), прозрачного покрытия и термоизолирующего слоя. Теплоноситель в них циркулирует в медных трубках, получая тепло от абсорбера. В целях повышения эффективности поглощения солнечной энергии абсорбер выкрашивают в черный цвет либо покрывают специальным селективным покрытием [2].

Конструкция вакуумного коллектора представляет собой параллельные ряды тепловых трубок, которые по своему устройству напоминают термос [3]. Внутри каждой трубки находится труба меньшего диаметра, а пространство между ними вакуумировано. В этой трубе содержится низкокипящая жидкость, испаряющаяся под воздействием солнечного излучения. Здесь передача теплоты происходит от паров этой жидкости теплоносителю.

Плоские коллекторы отличаются невысокой стоимостью, простотой изготовления и монтажа, а также высоким КПД при поглощении прямых солнечных лучей [4]. Однако в зимний период, когда меньше солнечных дней и короче световой день, их производительность серьезно падает.

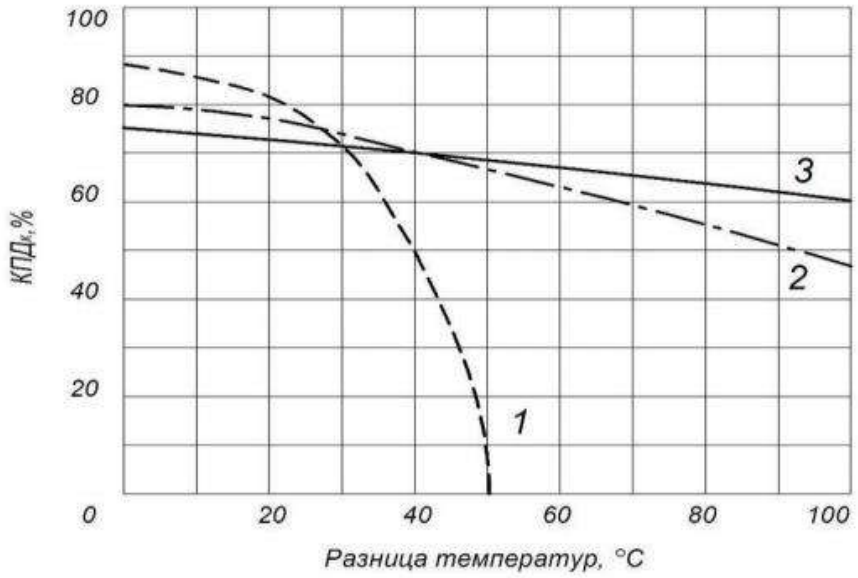
Коллекторы вакуумного типа сохраняют относительно высокую производительность в пасмурные и облачные дни, поскольку эффективно поглощают не только прямые солнечные лучи, но и рассеянный свет.

КПД солнечного коллектора может быть рассчитан по следующей формуле:

$$\eta = \eta_0 - \frac{k \cdot \Delta T}{E}, \qquad (1)$$

где η_0 – номинальный (оптический) КПД установки при нормальных условиях; k – коэффициент, зависящий от типа и теплоизоляции коллектора; ΔT – разность температур теплоносителя и окружающего воздуха, °С; E – солнечная радиация, Вт/м^2 [3].

Как видно из рис. 1, при большой разнице температур теплоносителя и окружающего воздуха, что соответствует холодному времени года, наибольшим КПД обладают вакуумные коллекторы. Их КПД в зимнее время снижается незначительно, что позволяет эксплуатировать вакуумные коллекторы практически в любом регионе России. В районах с продолжительной зимой им нет альтернативы.



Сравнительная характеристика солнечных коллекторов: *1* – открытый коллектор; *2* – плоский коллектор; *3* – вакуумный коллектор

Плоские солнечные коллекторы на территории России целесообразно использовать в южных широтах с теплым климатом и большим количеством солнечных дней. В жаркий летний день они позволяют полностью отказаться от основного источника теплоты, который нагревает воду на ГВС. Параллельно с этим солнечный коллектор может также быть использован и для подогрева воды для бассейна или летнего душа [5]. Эти достоинства применимы и для вакуумных коллекторов, однако, учитывая их высокую стоимость (вакуумные в 1,5–2 раза дороже плоских), их применение в этих регионах может быть экономически неоправданным.

Литература

1. Возжанникова Ю.А., Ижевский А.С. Сравнительный анализ плоских и вакуумных солнечных коллекторов по их техническим и конструктивным особенностям // Матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В.А. Трушкина. Благовещенск, 2018. С. 25–26.

2. Алмаев А.Ю., Лушкин И.А. Преимущества и недостатки плоских и вакуумных коллекторов солнечной энергии // Вестник НГИЭИ. 2015. № 6 (49). С. 16–20.

3. Белоглазова Т.Н., Романова Т.Н. Эффективность внедрения солнечных коллекторов // Проблемы современной экономики. 2014. № 4 (52). С. 357–359.

4. Калинина М.В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального жилого дома в Республике Татарстан // Тинчуринские чтения: матер. докл. XIII Междунар. молод. науч. конф. Казань, 2018. Т. 2. С. 181–182.

5. Алексюк Ю.Н. Оценка эффективности солнечных коллекторов, используемых в целях горячего водоснабжения жилых зданий в различных климатических условиях // Проблемы науки. 2019. № 6 (42). С. 21–24.

УДК 621-313.3

ПЕРЕВОД ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ЗАКРЫТЫЕ НА ПРИМЕРЕ Г. НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ

Галанина А.Е.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nastusha.1996@mail.ru
Науч. рук. Звонарева Ю.Н.

Предмет исследования составляет процесс перевода открытых систем теплоснабжения на закрытые системы. С учётом прогнозируемых изменений объёма сетевой воды и качества горячей воды описаны меры, необходимые для перевода. В качестве примера выбран г. Набережные Челны. По результатам анализа ситуации в юго-западной части города были смоделированы итоги перевода открытой схемы теплоснабжения на закрытую для северо-восточной части Набережных Челнов.

Ключевые слова: открытые системы теплоснабжения, закрытые системы теплоснабжения, г. Набережные Челны, качество воды, срок службы.

С 1 января 2013 г. вступили в силу поправки в федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении». Одна из наиболее значимых – дополнение ст. 29 ч. 8: с 1 января 2013 г. подключение объектов капитального строительства потребителей к централизованным открытым системам теплоснабжения (горячего водоснабжения) для нужд

горячего водоснабжения, осуществляемого путем отбора теплоносителя на нужды горячего водоснабжения, не допускается. Кроме этого, значимо дополнение ст. 29 ч. 9: с 1 января 2022 года использование централизованных открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) для нужд горячего водоснабжения, осуществляемого путем отбора теплоносителя на нужды горячего водоснабжения, не допускается.

Набережные Челны имеют смешанную схему теплоснабжения – юго-западная часть города имеет закрытую схему, северо-восточная часть – открытую. Учитывая, что п. ЗЯБ запитан теплом от НчТЭЦ, а п. ГЭС и п. Сидоровка в летнее время и часть отопительного сезона запитаны от центрального источника, у потребителей северо-восточной части г. Набережные Челны получающих воду из открытой части системы ухудшилось качество воды ввиду уменьшения крайности обмена сетевой воды в системе в целом.

С учётом динамики расходов подпиточной воды в сторону уменьшения в последующие годы прогнозируется дальнейшее уменьшение кратности объёма сетевой воды и соответственно значительное ухудшение качества горячей воды в открытой схеме города.

Выбор закрытой системы обусловливается также тем, что нормативный срок службы трубопроводов для открытых систем составляет 15 лет, для закрытых – 25 лет. Срок службы наружных тепловых сетей для открытых систем – не более 25 лет, для закрытых – до 40 лет.

Для осуществления перевода открытой системы теплоснабжения северо-восточной части г. Набережные Челны на закрытую необходимо провести ряд мероприятий:

1. Установить индивидуальные тепловые пункты (ИТП) горячего водоснабжения с подогревателями горячей воды у всех абонентов.

2. Произвести замену трубопровода на больший диаметр в городском водопроводе – для дополнительного расхода холодной воды для горячего водоснабжения.

3. Произвести реконструкцию тепловых сетей и насосных станций с учётом дополнительных расходов в обратных трубопроводах.

4. Произвести реконструкцию насосных станций на ОАО НчТЭЦ.

Переход на закрытую схему теплоснабжения приведёт к позитивным сдвигам:

– к улучшению качества воды у потребителей, установивших теплообменники;

– к снижению тарифов на отопление в северо-восточной части города и уровня коррозии (на что уже указывают соответствующие индикаторы: в 2016 г. уровень коррозии составил 0,08…0,11 мм/год).

Литература

1. Проект схемы теплоснабжения города Набережные Челны: [Электронный ресурс]. URL: https://minenergo.gov.ru/node/1876 (дата обращения: 16.02.2020).

2. Отдел энергетики г. Набережные Челны [Электронный ресурс]. URL: http://nabchelny.ru/company/34 (дата обращения: 16.02.2020).

УДК 622.112

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОСЕЛКА АЛЕКСЕЕВСКОЕ

Галеев Р.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
galeev-radif@mail.ru
Науч. рук. Валиев Р.Н.

Предлагаются технические решения, направленные на повышение эффективности системы теплоснабжения поселка Алексеевское. Установка водогрейных котлов и автоматических температурных регуляторов на вводах в жилые дома позволит в полном объеме обеспечить тепловой энергией как производственных, так и коммунально-бытовых потребителей в поселке.

Ключевые слова: водогрейные котлы, паровые котлы, теплообменный аппарат, автоматические температурные регуляторы.

Алексеевское – поселок городского типа в Алексеевском районе. Население поселка составляет – 11,670 тыс. жителей. Через посёлок проходит автотрасса Р239 (Казань – Чистополь – Альметьевск – Бугульма – Оренбург). Климат умеренный, по общим характеристикам относится к умеренно континентальному (переходный от умеренно континентального к резко континентальному). Зима длительная, умеренно холодная и снежная. Средняя температура января равняется от –17,5 до –18,5 °С. Лето умеренно тёплое и сухое, в отдельные годы дождливое. Средняя температура воздуха в июле равняется от 23,5 до 25,5 °С. В поселке расположены: завод керамического кирпича (ОАО «Алексеевская керамика»), асфальтный завод (ОАО «Алексеевскдорстрой») и другие предприятия [1].

На территории завода керамического кирпича ОАО «Алексеевская керамика» расположена паровая котельная с установленными паровыми котлами ДЕ-10-14ГМ (3 шт.). Водяной пар, вырабатываемый в котельной, в основном используется для обеспечения производственных нужд (пропаривание керамических изделий) и покрытия тепловой нагрузки коммунально-бытовых потребителей поселка (отопление, вентиляция и ГВС). Для подогрева сетевой воды в паровой котельной используются теплообменные аппараты ПСВ-63-7-15 (4 шт.).

В поселке Алексеевское применяется закрытая система теплоснабжения. В такой системе, циркулирующая в тепловой сети вода не разбирается на нужды ГВС, а используется в отопительных приборах и теплообменниках в качестве теплоносителя. В системах отопления используется сетевая вода с температурой 95÷70°С. Существующая система отопления абонентов – двухтрубная с нижней разводкой. В качестве нагревательных устройств используются в основном радиаторы М-140 и Оптима 500В.

В связи со строительством и введением в эксплуатацию нового производственного цеха на заводе ОАО «Алексеевская керамика» и износом трубной части теплообменных аппаратов ПСВ-63-7-15 принято решение об отключении коммунально-бытовых потребителей поселка Алексеевское и теплообменных аппаратов ПСВ-63-7-15 от паропроводов паровых котлов и определении для них нового источника теплоснабжения.

В качестве альтернативного варианта предлагается рассмотреть вариант с установкой водогрейных котлов ВК-21 (4 шт.) производства ООО ТД «Тепломеханика» [2]. Предлагаемые к установке котлы оборудованы комплектами горелочных устройств и дутьевыми вентиляторами.

В качестве основного топлива для водогрейных котлов предлагается использовать природный газ с теплотворной способностью 8670 ккал/м^3, в качестве резервного: сжиженный природный газ.

Водоснабжение водогрейных котлов предусмотрено от существующего водопровода. Слив воды с напорного и безнапорного дренажных трубопроводов осуществлен по вновь проектируемому каналу в существующий дренажный приямок в помещении сетевых насосов.

Для установки котлов предполагается использовать существующий пристрой к паровой котельной. Отвод дымовых газов от водогрейных котлов предусмотрен через вновь проектируемые металлические газоходы в существующую дымовую трубу диаметром 1 м, и высотой 30 м.

Предлагаемые к установке водогрейные котлы полностью автоматизированы и могут работать без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Автоматизация котлоагрегата ВК-21 выполнена на базе измерителей-регуляторов ОВЕН ТРМ-136 [3].

Для повышения эффективности распределения теплоносителя в системе теплоснабжения коммунально-бытовых потребителей предлагается установить автоматические температурные регуляторы Danfoss ATV065-0597 на вводе в каждый жилой дом.

Литература

1. Официальный сайт ОАО «Алексеевская Керамика» [Электронный ресурс]. URL: http://alexkeram.info (дата обращения: 14.01.20).
2. Котел ВК-21 (КСВ-2,0) и ВК-22 (КСВ-3,15) водогрейный [Электронный ресурс]. URL: http://teplomehanika.ru/ksv_vk2122.html (дата обращения: 14.01.2020).
3. Автоматизация котельной с применением приборов ОВЕН [Электронный ресурс]. URL: https://owen.ru/project/avtomatizacziya-kotelnoi-s-primeneniem-priborov-oven.html (дата обращения: 14.01.2020).

УДК 681.518.54:621.644

АПРОБАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
sogaponenko@yandex.ru

Представлены результаты испытаний информационно-диагностического комплекса в полевых условиях. На основе обобщения результатов проведенных экспериментов построены диаграммы, показывающие зависимость амплитуды колебания от типа грунта и глубины залегания исследуемого объекта. Предлагаемый метод обеспечивает высокую достоверность контроля местоположения и технического состояния заглубленных трубопроводов различных диаметров, длин и материалов.

Ключевые слова: информационно-диагностический комплекс, испытания, апробация, диагностика, трубопровод, контроль местоположения, контроль технического состояния.

Информационно-диагностический комплекс для контроля местоположения заглубленных трубопроводов включает в себя устройство возбуждения (акустический излучатель), пьезоэлектрические датчики, АЦП-ЦАП и персональный компьютер. На акустический излучатель подается гармонический сигнал качающейся частоты в диапазоне от 100 до 4000 Гц.

С помощью цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) производится преобразование выходного сигнала ПК в аналоговую форму. Для приема виброакустического сигнала в системе применяются пьезоэлектрические датчики марки KD-35. Принимаемый сигнал пьезоэлектрическим датчиком, конвертируется в цифровой код из аналогового сигнала в АЦП и анализируется в персональном компьютере [1–6].

Эксперименты произведены с различным типом грунта: глина, суглинок и песок.

Исследуемые объекты (трубопроводы) укладывались в грунт. Глубина залегания (от стенки трубопровода до края грунта) составляла 0,7; 1 и 1,3 м. Исследования проводились по поверхности грунта вдоль оси трубопровода с интервалом 0,1 м. На каждой контрольной точке произведено по пять измерений для получения усредненного значения амплитуды. Производилось сканирование исследуемого объекта частотами в диапазоне от 100 до 1400 Гц, и определялась резонансная частота по максимуму ее амплитуды. Колебания, воспринимаемые пьезоэлектрическим датчиком, регистрировались информационно-измерительным комплексом [1].

Перед проведением эксперимента для обеспечения достоверности результатов производилась калибровка опорного сигнала по амплитуде.

Фотография экспериментальной установки представлена рис. 1.

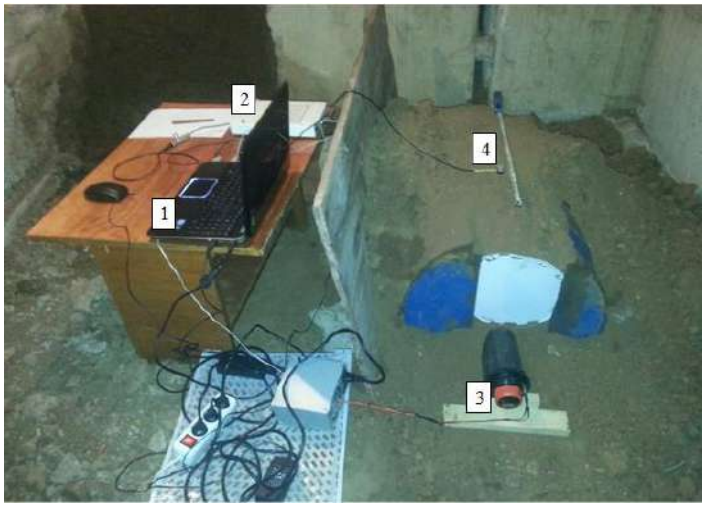
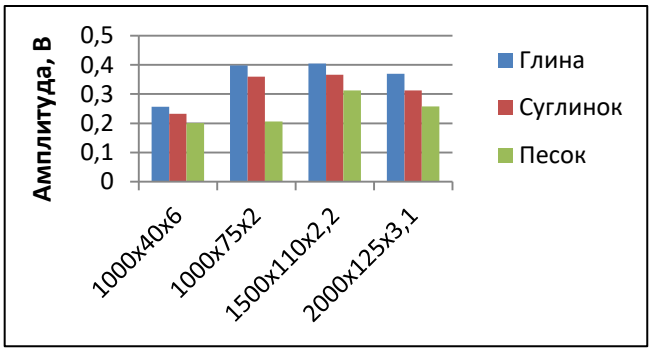


Рис. 1 Экспериментальная установка: *1* – персональный компьютер; *2* – АЦП-ЦАП; *3* – акустический излучатель; *4* – пьезоэлектрический датчик марки KD-35

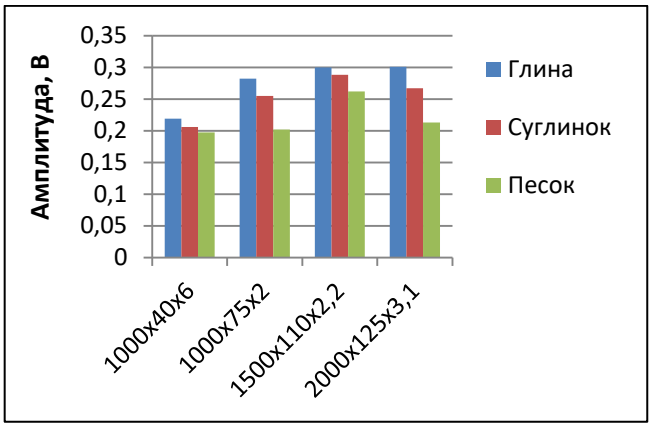
Экспериментальных исследований проводились на различных трубопроводах (материал – длина×диаметр×толщина стенки): полиэтилен – 2000×125×3,1 мм; полипропилен – 1000×40×6 мм; сталь – 1500×110×2,2 мм; полипропилен – 1000×75×2 мм [1].

Для выбора основной частоты в полости исследуемого объекта с шагом в 10 Гц генерировались вынужденные колебания, и производилось измерение амплитуды на наружной стенке трубопровода.

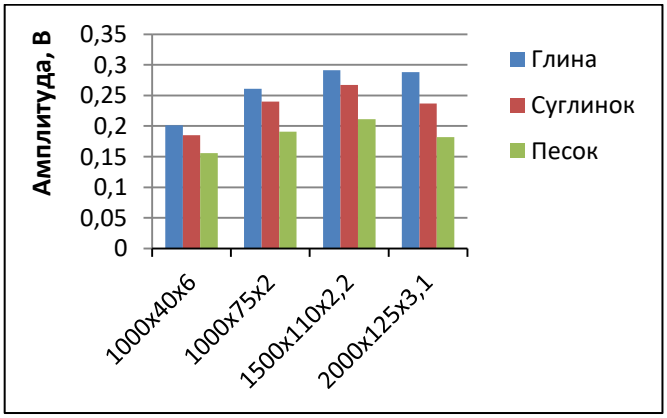
Результаты проведенных экспериментов были представлены в виде гистограмм (рис. 2).



а



б



в

Рис. 2. зависимость амплитуды колебания от типа грунта и глубины залегания исследуемого объекта: *а* – 0,7 м; *б* – 1 м; *в* – 1,3 м

Из рис. 2 видно, что амплитуда колебаний уменьшается в зависимости от плотности грунта и глубины залегания исследуемых трубопроводов.

Литература

1. Гапоненко С.О. Акустико-резонансный информационно-измерительный комплекс и методика контроля местоположения заглубленных трубопроводов: автореф. … дис. канд. техн. наук. Казань, 2017. 16 с.
2. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2014. № 7-8. С. 123–129.
3. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом // Вестник Северо-Кавказского федерального университета». 2015. № 2 (47). С. 9–13.
4. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Политова Т.О, Измерительно-диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2013. № 3-4. С. 138–141.
5. Гапоненко С.О. Методика поиска скрытых полых объектов в грунте // Научному прогрессу – творчество молодых. 2017. № 2. С. 115–118.
6. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О. Совершенствование методики контроля технического состояния оборудования энергетических систем и комплексов // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых): матер. Междунар. молод. науч. конф. Казань, 2019. С. 644–648.

УДК 532.5

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАЛИЧИЯ ОТЛОЖЕНИЙ

Гарнышова Е.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
garnyshova@mail.ru
Науч. рук. Измайлова Е.В.

В работе рассмотрено оборудование для контроля наличия отложений на поверхностях теплообменного оборудования, которое можно использовать в помещениях и при уличных условиях в режиме реального времени. Отложения на поверхностях теплообменных аппаратов снижают коэффициент теплопередачи и эффективность теплообмена, что приводит к существенным потерям энергии.

Ключевые слова: теплообменное оборудование, отложения, устройство, контроль отложений.

В процессе эксплуатации систем горячего водоснабжения, систем отопления, систем оборотного водоснабжения, наблюдается постепенное сокращение напора и снижение температуры воды. Как правило, причиной этих процессов оказывается зарастание системы водоснабжения известковыми отложениями (накипью). Проблема образования накипи актуальна для любых систем водоснабжения. Известно, что 5 мм накипи приводят к перерасходу до 30 % тепловой энергии, накипь понижает КПД котла на 10–12 %.

Снизить энергетические потери можно путем своевременного диагностирования поверхностей теплообмена методами неразрушающего контроля (НК). Для этого необходимо иметь методику для контроля толщины отложений. Наличие отложений изменяет толщину, массу поверхностей теплообмена и, следовательно, собственные частоты колебаний.

Одним из доступных и информативных методов НК является акустический метод контроля, основанный на возбуждении свободных упругих колебаний широкого диапазона частот в контролируемой зоне изделия и регистрации изменения спектров принятых сигналов на дефектных участках по сравнению со спектрами, наблюдаемыми на доброкачественных участках. Диапазон частот спектров дефектных и доброкачественных зон изделий, обычно контролируемых методом свободных колебаний, лежит в пределах 0,5–20 кГц.

В качестве модели поверхности теплообмена использовалась стальная пластина размером 400×160×2 мм без осадка и с разной толщиной отложений [1].

Для проведения экспериментальных исследований влияния толщины отложений на частоты колебаний была создана лабораторная установка (рис. 1, 2), состоящая из систем регистрации и обработки сигналов. В систему регистрации входит устройство закрепления исследуемой пластины. После возбуждения колебаний изделия аналоговый сигнал с датчика колебаний поступает на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП) [2].

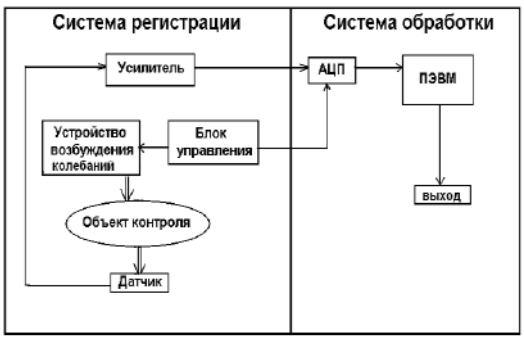


Рис. 1. Блок-схема установки

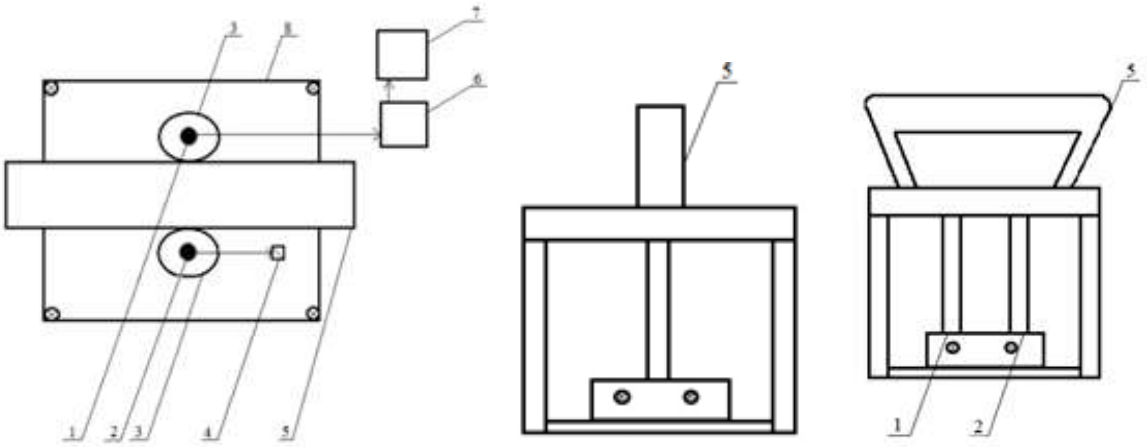
Рис. 2. Фотография установки

Полученный цифровой сигнал записывается в виде файла на жесткий диск компьютера. В качестве датчика колебаний применялся микрофон. При исследовании акустических характеристик с каждым типом пластины проводилось десятикратное определение частот собственных колебаний пластины. После серии экспериментов на пластину наносился слой отложений, исследования повторялись [3].

Для устранения недостатков экспериментальной установки, с помощью которой исследования проводились только в лабораторных условиях, было разработано мобильное и компактное устройство, позволяющее провести контроль в режиме реального времени в натурных условиях. Авторами была подана заявка на получение патента на полезную модель № 2019137172 от 19 ноября 2019 г.

Устройство (рис. 3) работает следующим образом. На корпусе *8* находятся два отверстия *3*, тумблер *4* и ручка *5*, с помощью которой происходит его перемещение [4].

В первом отверстии располагается ударник *2*, управление которым осуществляется с помощью тумблера *4*, имеющего два положения ВКЛ/ВЫКЛ. Во втором отверстии располагается пьезоэлектрический датчик *1*, соединенный с аналого-цифровым преобразователем *6*. Корпус устройства *8* устанавливают на первый диагностируемый участок поверхности теплообмена.



а *б* *в*

Рис. 3. Устройство для контроля толщины отложений на поверхностях теплообмена: *а* – вид сверху; *б* – вид сбоку; *в* – вид спереди

Далее при нажатии тумблера *4* в положение ВКЛ, ударник *2* возбуждает колебания на поверхности теплообмена, пьезоэлектрический датчик *1* принимает аналоговый сигнал. Далее нажимается тумблер *4* в положение ВЫКЛ. Постоянство силы удара обеспечивается отведением ударника *2* на одно и то же расстояние. После возбуждения колебаний аналоговый сигнал с пьезоэлектрического датчика *1* поступает на аналого-цифровой преобразователь *6*, на выходе которого цифровой сигнал попадает в оперативную память персонального компьютера *7*, где в виде файла на жесткий диск записывается посредством специального программного обеспечения, написанного в среде графического программирования LabVIEW фирмы National Instruments, на которое авторами было получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [5], регистрируется, записывается звуковой сигнал, анализируется. Программа анализа работает следующим образом: считываются сигналы, по каждому сигналу формируется амплитудно-частотный спектр, спектры сравниваются по коэффициентам корреляции, усредняются и сравниваются с границей доверительного интервала. В завершении делается вывод о наличии отложений. После диагностирования первого участка перемещают устройство на следующий участок поверхности теплообмена.

Таким образом, мобильное устройство для контроля отложений на поверхностях теплообмена компактно, его можно использовать в помещениях и при уличных условиях в режиме реального времени, что позволит снизить энергетические потери и трудоемкость контроля состояния теплообменного оборудования.

Литература

1. Control of the condition of heat exchange surfaces by free vibration method [Electronic resource] / E.V. Izmailova [et al.] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 288. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/288/1/012091 (date of application: 17.02.2020).

2. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В. Контроль толщины отложений на теплообменном оборудовании // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: тез. докл. 25-й Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Москва, 2019. 303 с.

3. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Устройство для контроля отложений на поверхностях теплообмена // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. V Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2019. Т. 1. С. 668–671.

4. Determination of the sediment thickness on the heat-exchange surfaces by free vibration method [Electronic resource] / E.V. Izmailova [et al.] // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 124. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405069 (date of application: 17.02.2020).

5. «2RSoundSA»: ПрЭВМ 2019615470 Рос. Федерация № 2019614292; заявл. 16.04.19; опубл. 26.04.19.

УДК 621.577:338.462

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВОГО НАСОСА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ СНЕЖНОЙ МАССЫ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Гатауллина И.М.[1], Кондратьев А.Е.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]iliza_gataullina@mail.ru, [2]aekondr@mail.ru

Рассматривается решение проблем, связанных с уборкой и вывоза снега в больших городах и устранение негативных последствий после снегопадов. Рассмотрен способ утилизации снега с применением теплового насоса, преимущества такого способа. Источником тепла предлагается использование теплоты сточных вод.

Ключевые слова: тепловой насос, снежная масса, утилизация, снегоплавильная установка.

Тепловой насос – механизм для теплопроизводства с применением обратного термодинамического цикла. Или по-другому – это установка, осуществляемая с затратой мощности, для переноса тепловой энергии от низкотемпературного теплоотдатчика к теплоприемнику с высокой температурой [1]. Назначение тепловых насосов – это сбор тепловой энергии и её транспортировка к потребителю. Источником такой энергии может стать любое тело или среда, обладающая температурой от +1 °С и более. Количество получаемой полезной тепловой энергии среднего потенциала, за исключением потерь, равно сумме тепловых энергий низкого и высокого потенциалов, что обуславливает энергетическую и, как следствие, экономическую и экологическую эффективность тепловых насосов [2].

Для территории России свойственна длительная и снежная зима, поэтому большое количество осадков в виде снега – одна из главных проблем городов в зимнее время. Вывоз снега за город – самый доступный и легкий способ утилизации снега. В полигонах таяние снега происходит естественным путем. Но в больших городах свободных мест мало, кроме этого снег может быть загрязнен различными химическими элементами, которые вредят почве при таянии. Это всё приводит к поиску новых методов по утилизацию снега.

Для борьбы со снегом начали применять снегоплавильные установки – это установки для утилизации или для плавления снега и льда в городских условиях. Их применение актуально в городских условиях, особенно после обильных снегопадов.

Снегоплавильные установки бывают трех видов: транспортабельные (перевозимые), мобильные и стационарные [3].

Известны конструкции снегоплавильных станций, которым для плавления снега достаточно теплой воды в больших количествах. Для работы снегоплавильной станции в качестве источника можно рассмотреть применение теплового потенциала сточных вод. В результате можно получить плавление снега в снегоплавильной станции с помощью тепла сточных вод.

В любом городе есть система отвода сточных вод, а их температура даже в самое холодное время не опускается ниже 10 °С. Именно эту теплоту можно использовать для работы теплового насоса, т. е. можно отнять тепло сточных вод и с помощью этой теплоты растопить снег [4].

Комбинация мобильной снегоплавильной станции с тепловым насосом на сточных водах дает возможность утилизировать снег на месте, где возможен оперативный доступ к сточным водам.

Принцип действия мобильной снегоплавильной установки с тепловым насосом на сточных водах заключается в следующем. Снег, собранный из городских улиц и дорог, выгружается в машину и привозится в станцию отвода сточных вод, где установлен тепловой насос. Благодаря теплоте, отобранной из сточных вод тепловым насосом, снег можно растопить прямо в кузове машины. После этого, воду, которая образовалась в кузове, можно слить обратно в сток, но пропуская через фильтр, так как в составе снега много нерастворимых элементов. Такое сочетание позволить экономить на использовании машин для подвоза и места складирования убранного снега.

Преимущества применения сточных вод в качестве источника тепла в снегоплавильных станциях:

1. Энергия преобразовывающей техники выбрасывается в атмосферу, и как следствие, загрязняет её. Применение такой энергии в качестве поставщика тепла бережёт окружающую среду.

2. Вода из нижнего отсека нагрева представляет собой альтернативу вредноносному дизелю и газу, что существенно сокращает финансовые затраты на эксплуатацию плавильных систем.

3. Защитная решётка способствует исключению вложения в дополнительные очистки льда от мусора. Фильтр заменяет энергоёмкие измельчители льда.

4. Наличие насоса со сливными трубками исключает переполнение талой жидкостью. Вытекает только холодная, горячая же продолжает функцию топки, сокращая бюджет.

5. Оснащённость сливным каналом предоставляет возможность утилизировать излишнюю влагу прямо в сточные трубы, это избавляет от необходимости вывозить её к ближайшим водоёмам.

6. Грязесборник и фильтрационная сетка предполагают дальнейшее использование очищенного песка и воды в производстве.

7. Термоизоляция деталей механизма экономит энергию, так как увеличивается продолжительность теплопроводности.

8. Во время отсутствия осадков машины можно использовать как метод нагрева, очистки технической воды для производства [4].

В заключении можно отметить, что применение такой аппаратуры, как снегоплавильная станция, экономит финансы и время утилизации, а также улучшает экологическую обстановку в городских условиях. Применение таких станций значительно упрощает работу коммунальных служб и прогон грузовых снегоуборочных машин, мешающих свободному передвижению на дорогах.

Литература

1. Гатауллина И.М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса // XIII Междунар. молод. науч. конф. «Тинчуринские чтения»: тез. докл. Казань, 2018. Т. 2. С. 160–162.

2. Гатауллина И.М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых: сб. тр. XIII Междунар. молод. науч. конф. по естеств. и техн. дисц. Йошкар-Ола, 2018. Ч. 2. С. 71–74.

3. Храменков С.В., Пахомов А.Н., Богомолов М.В. Система удаления снега с использованием городской канализации // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 10. С. 50.

4. Гатауллина И.М. Особенности эксплуатации тепловых насосов для утилизации тепла сточных вод // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: матер. IV Всерос. студ. форума. 2018. Ч. 3. С. 150–152.

УДК 621.311.243

ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ И МИРЕ

Гилазова Г.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
gilazova-gulfiya98@mail.ru,
Науч. рук. Кондратьев А.Е.

Представлен обзор нетрадиционной энергетики в России и её субъектах, рассмотрены перспективы развития солнечной энергетики, её конкурентоспособность и рентабельность в современном мире. Проанализированы преимущества и недостатки использования солнечных коллекторов и возможность их применения в регионах нашей страны и по всему миру.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, солнечный коллектор, солнечная энергетика, потенциал солнечной энергии, солнечная электростанция, эффективность, система на солнечном ресурсе, гелиосистема.

С каждым годом потребление энергии в мире возрастает, и главным источником получения энергии в наше время остается ископаемое топливо. По последним данным ископаемого топлива может хватить лишь на ближайшие несколько сотен лет, поэтому рационально рассматривать получение энергии из альтернативных источников, а именно использовать солнечное излучение [1]. Данный вид нетрадиционной энергетики можно назвать энергетикой будущего, так как солнце, будучи неисчерпаемым источником энергии, позволяет экономить традиционное топливо. Потенциал солнца колоссален, протекающие в нём реакции превышают энергию, которая высвобождается в мощнейших ядерных реакторах мира. Солнечная энергия постоянна и доступна в любой точке мира, даже

в северных широтах. Например, Германия занимает лидирующую позицию в мире по использованию солнечной энергии и обладает наибольшим её потенциалом.

Солнечные батареи экономичны и экологически безопасны, так как при их использовании практически не выделяются вредные выбросы в атмосферу. В их экологичности можно убедиться и на примере мусоросжигательного завода Шпителлау в Австрии в Вене, где на крыше завода расположен уютный ресторан. Эксплуатационные расходы солнечных батарей тоже не велики. Например, применяя их в качестве индивидуального источника энергии, владельцы частных домов могут ощутить значительную экономию.

Для установки солнечных электрических станций необходимы большие территории, и с целью экономии площади актуально использование гибридных установок, включающих в себя как солнечные коллекторы, так и ветровые установки. Это связано с тем, что расположение близко друг к другу ветровых установок не рационально, так как они будут работать с низкой эффективностью. Вследствие этого большое количество территории остается неиспользованным. Таким образом, оставшееся пространство можно заполнить солнечными батареями. Несмотря на то, что два этих вида установок работают вместе, они являются независимыми. Кроме этого, важным преимуществом гелиосистем является их бесшумность. В них нет движущихся узлов, что позволяет устанавливать солнечные коллекторы не только на открытых местностях, но и на крышах и стенах жилых объектов.

В совокупности, получаемая от солнца мощность энергии возрастает все больше с каждым годом, и многие страны принимают различные госпрограммы поддержания разработок в данной отрасли [2].

Солнечная энергетика активно внедряется и в Республике Татарстан [3]. Полный переход к системам на солнечном ресурсе в Татарстане невозможен, но все же установка солнечных коллекторов с каждым днем набирает обороты. С апреля по август Республика Татарстан получает достаточное количество солнечной энергии. В среднем, количество солнечного излучения, получаемое Татарстаном, варьируется в пределах 2,8…3,3 кВт·ч/м^2. Простейшие солнечные батареи в городах Татарстана установлены на фонарях светофоров и других элементах дорожной инфраструктуры, крышах домов и промышленных зданий. Они позволяют значительно экономить электроэнергию, работая днём за счёт излучения солнца и аккумулируя энергию для работы в темное время суток.

Кроме того, крупнейшая в России солнечная электростанция с накопителем установлена в республике Башкортостан – Бурзянская СЭС мощностью 10 МВт. Накопители энергии, входящие в состав комплекса, являются рекордными в нашей стране. Автоматизированная система управления анализирует большое количество параметров, определяет, когда энергию нужно аккумулировать, а в каких случаях отдавать в сеть. Данная СЭС бесперебойно снабжает энергией весь Бурзянский район, а в случае ремонта и аварийных отключений, может работать в автономном режиме. Накопители энергии для данной станции производят в новосибирском заводе «Лиотех». А ведь совсем недавно в России таких технологий данной и литий-ионных накопителей не было.

Кроме этого, солнечные коллекторы успешно применяется и в сельском хозяйстве [4]. Например, в КФХ Слесаревых, расположенном в Альметьевском районе, уже два года в летнее время используют солнечные водонагреватели, в дальнейшем планируется переход на круглогодичные солнечные водонагревательные установки. Огромным плюсом данных установок является быстрая окупаемость, которая составляет от двух до четырёх лет, а стоимость подогрева воды при этом сокращается вдвое [5]. Также огромным преимуществом является их длительный срок службы, который может составлять 15–25 лет.

Литература

1. Калинина М.В. Проблемы эксплуатации солнечного коллектора для систем отопления и горячего водоснабжения индивидуального дома в Республике Татарстан // XIII Междунар. молод. науч. конф. «Тинчуринские чтения»: тез. докл. Казань, 2018. Т. 2. С. 181–182.

2. Калинина М.В. Оценка эффективности применения солнечных коллекторов разных модернизаций // Научному прогрессу – творчество молодых: сб. тр. XIII Междунар. молод. науч. конф. по естеств. и техн. дисц. Йошкар-Ола, 2018. Ч. 2. С. 93–94.

3. Сайфутдинова Г.Б., Усачев С.С., Ахметшина Л.Р. Российская энергетика в зеркале политических и экономических трансформаций // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12-3. С. 115–117.

4. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года [Электронный ресурс]. URL: https://minenergo.gov.ru/ (дата обращения: 29.10.2019).

5. URL: http://mert.tatarstan.ru/rus/administrativ/Soglasovanie_tehnologicheskih_kart/iogv/minenergo.htm (дата обращения: 29.10.2019).

УДК 697.3

ВНЕДРЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Горбунов К.Г.
ФБГОУ ВО «КГЭУ» г. Казань
dc0812@mail.ru
Науч. рук. Кондратьев А.Е.

Рассмотрены вопросы и задачи перехода на индивидуальные тепловые пункты.

Ключевые слова: индивидуальный тепловой пункт (ИТП), экономия, энергопотребление, энергосбережение.

В настоящее время актуальными проблемами энергетической отрасли являются снижение энергопотребления, повсеместное внедрение энергосберегающих технологий, а также внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами теплофикации, что позволяет повысить технологический уровень оборудования и понизить расход топлива.

Наиболее перспективным является внедрение автоматизированных тепловых пунктов, что положительно скажется на качестве отопления и теплового комфорта, а также надежности системы в целом.

В настоящее время переход на автоматизированные тепловые пункты неизбежен. Для этого необходимо решить следующие задачи:

1) провести анализ актуальности интеграции индивидуальных тепловых пунктов;

2) выявить и рассмотреть преимущества индивидуальных тепловых пунктов;

3) провести анализ влияния автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов на повышение качества теплоснабжения.

Основой энергосберегающих мероприятий является прибор учета, который выполняет следующие функции: накопление, хранение, отображение информации о массе (объеме), измерении количества тепловой энергии, давления, температуры жидкости, а также времени работы. В этом случае появляется возможность следить за текущим и суммарным потреблением тепла за определенный отрезок времени

и фиксировать потребление тепловой энергии потребителем, что значительно облегчает работу по обслуживанию и эксплуатации объектов потребления энергии и позволяет существенно экономить денежные средства.

Классификация тепловых пунктов (ТП):

1. Блочный тепловой пункт (БТП) представляет собой готовое изделие, преимуществами которого являются: сокращение сроков и относительная простота монтажных работ, а так же, компактность размера ТП.

2. Центральный тепловой пункт (ЦТП) используется для обслуживания группы потребителей (зданий, промышленных объектов). Чаще располагается в отдельно стоящем сооружении.

3. Индивидуальный тепловой пункт (ИТП), служащий для присоединения систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологических теплоиспользующих установок одного потребителя. ИТП, как правило, располагается в подвальном или техническом помещении здания.

Достоинства ИТП [2]:

1) возможность сократить протяженность трубопроводов в 1,5–2 раза;

2) экономия электроэнергии, затрачиваемой на перекачку теплоносителя;

3) минимальные расходы на строительство теплового пункта и теплоизоляционных материалов;

4) за счет автоматизации регулирования отпуска тепла определенному потребителю экономится до 10–20 % тепла на отопление;

5) автоматически поддерживаются комфортные условия проживания за счет контроля параметров теплоносителей;

6) оплата потребляемого каждым зданием тепла осуществляется по фактически измеренному расходу за счет использования приборов учета.

7) короткие сроки монтажа тепловых пунктов, простота в обслуживании и эксплуатации;

8) появляется возможность существенно снизить затраты на внутридомовые системы отопления за счет перехода на трубы меньшего диаметра, применения неметаллических материалов;

9) благодаря снижению необходимого количества выработки энергии, необходимой для теплоснабжения, уменьшается количество вредных выбросов. Данное оборудование способствует улучшению экологической ситуации.

Указанные достоинства определяют экономическую выгоду использования автоматизированного ИТП (АИТП).

Основные факторы экономии:

1. Снижение температуры воздуха в помещениях во время отсутствия там людей в ночное время и выходные дни для административных и производственных зданий (экономия составляет порядка 10–30 %) [1].

2. Избавление от вынужденных «перетопов» в переходные, межсезонные периоды. Применение регулирования температуры в системе отопления на АТП позволяет сэкономить от 30 до 40 % в эти периоды. С учётом кратковременности данных периодов доля экономии в годовом теплопотреблении составляет до 6 %.

3. Снятие влияния на потери тепла инерции тепловой сети. Данный фактор наиболее эффективен при подключении теплового пункта к крупным тепловым сетям, например, сетям от ТЭЦ (как для объектов ЖКХ, так и для административно – промышленных объектов). Экономию по данному фактору можно оценить только ориентировочно – порядка 3–5 % от общего объёма теплопотребления.

4. Экономический эффект за счет применения графика качественного регулирования и поддержания постоянства расхода (постоянства перепада давления) в системе отопления. Применение данного фактора позволяет экономить около 4–7 % годового потребления.

5. Учет тепловыделений при управлении температурой отопления. Применение специальных алгоритмов для жилых зданий позволяет сэкономить до 7 % общего теплопотребления. Реализовать данный график возможно только на индивидуальном АТП.

Литература

1. Алимкулова С.Р. Сравнение зависимой и независимой схемы подключения теплового пункта к тепловой сети // Научному прогрессу – творчество молодых: сб. тр. XIII Междунар. молод. науч. конф. по естеств. и техн. дисц. Йошкар-Ола, 2018. С. 57–58.

2. Чернов С.С., Кулак Е.Ф. Оценка перспектив перехода к индивидуальным тепловым пунктам в рамках реконструкции системы теплоснабжения города // Бизнес. Образование. Право. 2016. № 4. С. 86–91.

УДК 620.9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА КОСВЕННОГО НАГРЕВА НЕФТИ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕПОДГОТОВКИ

Ермолаев Т.В.
ФГБОУ ВО КГЭУ, г. Казань
ermtim922@yandex.ru
Науч. рук. Кондратьев А.Е.

Проведен анализ косвенного нагрева нефти с помощью промышленной печи нагрева нефти и нагрева нефти с помощью водогрейной котельной.

Ключевые слова: энергосбережение, нефть, теплоноситель, газ, котел, теплоноситель, печь, косвенный нагрев, теплообменный аппарат.

Косвенный нагрев нефти – это процесс нагрева нефти с помощью промежуточного теплоносителя. Так, в промышленной печи косвенного нагрева нефти, производителем которой является ООО «СКБ-Нефтехим», в качестве промежуточного теплоносителя используется масло БС-1. Масло БС-1 нагревается в топке печи за счет сжигания топлива, а остывает в теплообменных аппаратах, тем самым нагревая нефть. После того как масло нагрело нефть и потеряло часть своего теплового потенциала, оно возвращается обратно в топку и процесс повторяется [1].

Преимуществами варианта косвенного нагрева нефти в печи является неограниченность в нагреве теплоносителя до температуры кипения воды и отсутствие необходимости в блоке химической подготовки воды, возможность работы на попутном нефтяном газе (ПНГ). Недостатками варианта косвенного нагрева нефти являются большие капитальные затраты.

Предлагается вариант использования водогрейной котельной для нагрева нефти, в качестве промежуточного теплоносителя возможно использование химически подготовленной воды. Промежуточный теплоноситель нагревается в водогрейном котле, а нефть нагревается в теплообменных аппаратах, где теплоноситель передает теплоту потоку нефти. Далее теплоноситель возвращается в котел.

Преимуществами варианта использования водогрейной котельной для косвенного нагрева нефти являются низкие капитальные затраты и снижение затрат топливно-энергетических ресурсов. Недостатками являются ограниченность в нагреве теплоносителя до температуры кипения воды и необходимость наличия блока химической подготовки воды [2].

Подводя итог можно сделать вывод, что при использовании водогрейной котельной расход топлива на нагрев 1 тонны нефти меньше на 17,4 %, чем при использовании промышленные печи косвенного нагрева.

Литература

1. Данилова О.Л, Костюченко П.А. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов: справ.-метод. пособие // П.А. Костюченко [и др.]; под общ. ред. О.Л. Данилова, П.А. Костюченко. М.: Технопромстрой, 2006. 668 с.

2. Денисенко В.А. Характеристики подогревателей нефтяной эмульсии при прямом и косвенном нагреве продуктами сгорания топлива // Энергосберегающие процессы и аппараты в пищевых и химических производствах: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Воронеж, 2016. С. 241–245.

УДК 620.164.3

МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Захарова В.Е.[1], Шакурова Р.З.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]veronika.zaharova.95@mail.ru
Науч. рук. Гапоненко С.О.

Предложен модальный анализ собственных колебаний полиэтиленовых трубопроводов, представляющий собой расчет вертикального и бокового давления, оказываемого грунтом на трубопроводы, на основе которого было проведено исследование колебаний в программном комплексе ANSYS. Представлены результаты модального анализа для полиэтиленовых труб при схеме укладки с наклонными стенками и различном грунте.

Ключевые слова: трубопровод, модальный анализ, собственные колебания.

До проведения выработки и до возведения подземного сооружения грунт в неограниченном массиве находится в состоянии естественного или геостатического равновесия при действии собственного веса [1].

Давление грунта на подземные сооружения оказывается иным, чем давление в нетронутом массиве на той же глубине: оно не остается постоянным, а меняется вследствие изменения температурно-влажностных условий и ползучести грунта. В большинстве случаев давление на сооружение постепенно нарастает с течением времени, достигая наибольшей величины через некоторый промежуток времени, с последующим иногда уменьшением [2].

Для проведения анализа собственных колебаний трубопровода нами было смоделировано 5 полиэтиленовых труб с характеристиками: 125×31; 180×4,4; 250×6,2; 355×8,7 и 630×15,4. Все размеры были взяты из ГОСТа 18599-2001 «Трубы напорные из полиэтилена» [3].

В рамках смоделированных условий трубопровод закреплен с двух сторон на расстоянии 0,22L , схема укладки подземного трубопровода – с наклонными стенками.

Были рассчитаны вертикальное и боковое давление грунта на полиэтиленовый трубопровод, кН/м [4]:

$$Q_{\text{гр}}^{\text{в}} = n\gamma H D_{\text{н}} K_{\text{н}}, \tag{1}$$

где n – коэффициент перегрузок для внешних, постоянных и временных нагрузок; γ – удельный вес грунта, кН/м^3; $D_{\text{н}}$ – наружный диаметр трубы, м; $K_{\text{н}}$ – коэффициент концентрации давления грунта засыпки при укладке труб на ненарушенный грунт в насыпи:

$$Q_{\text{гр}}^{\text{г}} = n\gamma\left(H + \frac{D_{\text{н}}}{2}\right) D_{\text{н}} \lambda_{\text{н}}, \tag{2}$$

где H – глубина погружения трубопровода, м; $\lambda_{\text{н}}$ – коэффициент при нормальной степени уплотнения засыпки.

На основании полученных данных было определено давление, кН/м^2, оказываемое грунтом на трубопровод [5]:

$$q = \frac{Q_{\text{экв}}}{D_{\text{н}}}, \tag{3}$$

где $Q_{\text{экв}}$ – расчетная линейная приведенная эквивалентная нагрузка, кН/м.

После проведения модального анализа в программном комплексе Ansys, были получены результаты для 100 форм колебаний (см. таблицу). Расчеты приведены для различных категорий грунта: Г-I – пески гравелистые, крупные и средней крупности; Г-II – пески мелкие; Г-III – пески пылеватые; Г-IV – глины; Г-V – суглинки; Г-VI – глины тяжелые.

Результаты расчетов

Мода	Трубопровод метровый							
	125×3,1			180×4,4			250×6,2	
	–	Г-I	Г-VI	–	Г-I	Г-VI	–	Г-I
1	49,488	47,486	47,021	50,137	48,768	48,461	26,533	25,463
…	…	…	…	…	…	…	…	…
100	2186,8	2183,2	2182	2051,5	2049,1	2048,5	1641,6	1639,5

Мода	250×6,2	355×8,7			630×15,4		
	Г-VI	–	Г-I	Г-VI	–	Г-I	Г-VI
1	25,208	12,608	11,096	10,598	4,6314	0	0
…	…	…	..	…	…	…	…
100	1639	1192,8	1189,9	1188,9	678,47	676,49	676,09

Литература

1. Гапоненко С.О. Акустико-резонансный информационно-измерительный комплекс и методика контроля местоположения заглубленных трубопроводов: автореф. … дис. канд. техн. наук. Казань, 2017. 16 с.

2. Диагностические модели изменения технического состояния механических систем / Гриб В.В. [и др.]; под общ. ред. В.В. Гриба // Московский автомобильно-дорожный ин-т (Гос. технический ун-т). М.: МАДИ (ГТУ), 2007. 2 ч.

3. ГОСТ 18599-2001. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 35 с.

4. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2 (47). С. 9–13.

5. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2014. № 7-8. С. 123–129.

УДК 620.98

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТЕПЛОВЫХ СИСТЕМ

Ившин Р.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
jonslinkson@gmail.com
Науч. рук. Ахметов Э.А.

Изложена мысль о проблемах и конструктивных решениях энергетических проблем связанных с оптимизацией и энергосбережении как для предприятий, так и в целом для всей структуры.

Ключевые слова: оптимизация, энергосбережение, тепло, энергия, энергоэффективность.

Среди наиболее важных проблем в настоящее время особое место занимает проблема энергосбережения. Решение этого вопроса отвечает концепции энергетической политики России в новых экономических условиях и обусловлено рядом факторов таких как: необходимостью реконструкции российской экономики, при проведении активных энергетических и ресурсосберегающих мероприятий, высокие затраты энергии и топливных ресурсов, решение экологических проблем непосредственно связанных со стоимостью основных энергетических и водных ресурсов.

Формирование энергосберегающих технологических тепловых систем промышленных предприятий может осуществляться с использованием современных научных достижений, но такой подход приводит к крупным инвестициям, что в современных экономических условиях может сделать не каждое промышленное предприятие. Поэтому важно модернизировать существующие технологические системы отопления, реализованные с использованием внутренних энергоресурсов, которые требуют значительно меньших финансовых затрат, чем глобальная реорганизация производства. Модернизация основана на изучении большого количества вариантов использования вторичных энергоресурсов и выборе оптимального решения для каждого отдельного случая.

В настоящее время нет опыта комплексного подхода к решению проблем энергосбережения на всех этапах производства, транспортировки и потребления тепловой энергии. Выполнение этих работ в настоящее

время связано не только с экономическими, но и с объективными техническими трудностями, связанными с необходимостью решения задач по оптимизации режимов работы отопления и котельных. А также балансировку и регулировку работ не оставляя без внимания отдельные домашние сетей которые время эксплуатации подвержены влиянию внешних помех и контрольных действий. Нет опыта в разработке и эксплуатации высокоточных систем управления и контроля, которые получают информацию от датчиков в классе точности (0,001–0,1 %) диапазона измерения. Поэтому внедрение новых технологий для повышения экономической эффективности работы теплоэнергетических предприятий, а также повышения качества управления и эксплуатации теплоэнергетических систем является актуальной задачей. В целом, положение дел в теплоснабжении страны в настоящее время характеризует:

– неумелое руководство и отсутствие национальной политики в этой области;

– пренебрежение вопросами разработки и строительства современных (экономичных и экологически приемлемых) средних и малых систем и источников тепла;

– противоречие между чрезмерным масштабом крупных систем теплоснабжения, их устаревшей структурой и низким техническим уровнем;

– огромный (50 % и более) избыточный расход топлива для теплоснабжения (из-за неконтролируемого расхода тепла, технической и технологической отсталости систем, низких тепловых характеристик зданий и сооружений и т. д.), который в несколько раз превышает его экономию от комбинированной выработки тепловая и электрическая энергия;

– отрицательное влияние источников тепла, особенно угольных котельных, на окружающую среду;

– отсутствие единого координирующего органа по теплоснабжению в стране

– незаинтересованность в экономном потреблении топлива и энергии ни у теплоснабжающих организаций, ни у потребителей;

– недостаточное использование вторичных энергоресурсов и нетрадиционных источников энергии (солнечная и геотермальная энергия, биомасса, твердые отходы) и неудовлетворительное состояние дел для создания эффективных децентрализованных систем теплоснабжения.

Конечно, преодоление глубоких негативных тенденций в теплоснабжении и превращение его в эффективную сферу использования топлива возможно только при стабильной экономике. В текущем переходном периоде ситуация здесь еще сложнее. Тем не менее, факторы, которые стимулируют реальную экономию топлива и энергии, ведут:

а) к повышению эффективности крупных технологических тепловых систем;

б) к росту интереса к мелким и средним источникам теплоты (в том числе и ТЭЦ);

в) к увеличению масштабов использования возобновляемых источников энергии;

г) к появлению заинтересованности в энергосбережении и использованию вторичных энергоресурсов;

д) к принятию действительно оптимальных решений по развитию систем теплоснабжения – с учетом конкретных условий и требований.

Однако тенденция к снижению конкурентоспособности крупных систем и отказу от них потребителей сохраняется. Несмотря на это, теплоснабжение в России – это, прежде всего, комбинированное производство тепловой и электрической энергии, которое останется основным способом обеспечения тепловой энергией потребителей страны и перспективным направлением дальнейшего развития российской тепловой экономики. Эти системы наиболее подготовлены к структурным изменениям, внедрению новых передовых технологий и внедрению энергоэффективного оборудования. В этих условиях возникает проблема трансформации технологических тепловых систем с целью повышения эффективности и надежности их функционирования (в том числе рационального использования топливно-материальных и трудовых ресурсов, энергосбережения, улучшения экологической ситуации и предоставления социальных услуг высокого уровня для населения) имеет особое значение и большое значение.

Основными задачами здесь являются: определение рационального масштаба технологических тепловых систем городов, уровнем концентрации источников тепла и зон их деятельности, изменение структуры систем, обеспечение их надежности и управляемости, а также поиск путей реализации энергетического сохранения технологий на основе энергоэффективного оборудования. Объединение нескольких источников тепла для работы на общих тепловых системах и оптимальное перераспределение тепловой нагрузки между ними в процессе эксплуатации.

Исходя из всего выше перечисленного, можно сделать вывод о необходимости видоизменения тепловых систем в целом, начиная с поиска альтернативных источников энергии и внедрения новых технологий в производства, но и выработать в корне иную модель подхода к организации данной отрасли, реорганизовать экономическую составляющую данного вопроса и пересмотреть существующие решения.

Литература

1. Батухтин С.Г. Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения за счет использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии: автореф. дис. … канд. техн. наук. Иркутск, 2018. 22 с.

2. Кролин А.А. Механизм и инструменты распространения инноваций в области энергосбережения: автореф. дис. … канд. экон. наук. Москва, 2012. 23 с.

3. Стрих И.И. Потенциал энергосбережения и пути его реализации в районных котельных [Электронный ресурс] // Новости теплоснабжения. 2008. № 7 (95). URL: https://www.rosteplo.ru/nt (дата обращения: 17.02.2020).

4. Гумерова Р.Х., Черняховский Р.А. Энергетическая эффективность модернизации котельной промышленного предприятия // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2016. Т. 72, № 2. С. 25–31.

5. Чернов С.С., Фильченкова М.В. Оценка эффективности реализации проекта реконструкции котельной в рамках государственно-частного партнерства // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2015. № 3. С. 109–114.

УДК 697.31

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ГИДРОДИНАМИКИ

Казакова Г.Д.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
galykazakova@yandex.ru
Науч. рук. Гапоненко С.О.

Расточительные подходы в потреблении энергоресурсов и отсутствие эффективных методов экономического стимулирования энергосбережения по- прежнему актуальны в современной отрасли энергетики. Принцип минимизации энергетических затрат в развитых странах становится адекватным средством выхода в инновационную перспективу развития теплоснабжения. Надежность и повышение эффективности

в условиях эксплуатации систем – первостепенные задачи нынешней теплоэнергетической отрасли. Представлен один из способов повышения энергоэффективности системы теплоснабжения. Рассмотрена возможность практического применения гидродинамических исследований системы теплоснабжения, позволяющая осуществлять экономическую и энергетическую эффективность.

Ключевые слова: эффективность моделирование, прикладная программа, гидродинамика.

Централизованная система теплоэнергоснабжения (СЦТ) для крупных населенных пунктов на сегодняшний день продолжает обеспечивать теплом и электроэнергией большую часть потребителей. Эффективность теплосетей с учетом объектов теплопотребления, в отличие от зданий, затруднительно выразить существующими критериями. Для нахождения критических звеньев и максимальных резервов энергосбережения в теплоэнергетическом комплексе необходимо рассмотреть эффективность использования энергоресурсов по всему технологическому комплексу – от источников до конечных потребителей, включая системы доставки и распределения энергоносителей [1–6].

Необходимо понимать, как работает каждый элемент в отдельности и как изменяются его рабочие характеристики в процессе функционирования всего механизма. Таким образом, создание математической модели позволяет наглядно демонтировать принцип работы гидравлической системы, облегчает подбор ее элементов, выявляет слабые места оборудования и увеличивает гибкость при последующей настройке и модернизации. Кроме того, наличие модели системы и возможность ее тщательного исследования помогает синтезировать различные регуляторы и добиваться высокой точности управления выходным звеном.

В настоящее время в СЦТ имеется ряд нерешенных проблем, к ним относится: большой износ основного и вспомогательного оборудования генерирующих мощностей, систем транспорта и потребления тепловой энергии; недофинансирование систем; отсутствие грамотного эксплуатационного персонала; практический отказ государства от регулирования деятельности. Данные проблемы следует рассматривать с системной точки зрения [4, 5].

Современный способ предварительной оценки работы новых устройств – применение пакетов прикладных программ (ППК), зарекомендовавших себя в моделировании гидродинамики и теплообмена. Они применяются для моделирования течения среды, в которой определяются:

– термодинамические свойства самой среды;

– физические процессы, происходящие в подвижной среде;

– условия на границах рассматриваемой области течения.

Моделирование определенного варианта течения – это разработка отдельного проекта, состоящее из трех этапов:

– формирование исходных данных для расчета;

– выполнение расчета, контроль расчетных данных;

– анализ результатов расчета.

Цель работы – представить технологию получения математической модели реальных гидравлических систем и улучшения качества и надёжности процесса перераспределения теплоносителя в системе [3].

При помощи ППК возможно лучшее понимание и анализ сложных систем путем симуляции диаграмм. Это способствует обнаружение ошибок на ранней стадии. Можно проводить моделирование течения в трубах различного поперечного сечения, исследовать и сравнивать с известными данными других систем. Моделирование раскрывает основные характеристики проектируемого изделия, благодаря которому можно обеспечить более эффективное и надёжное состояние системы в условиях эксплуатации.

Литература

1. Рыженкова Н.В., Волков А.В. Интенсификация теплообменных процессов однофазных теплообменных аппаратов посредством гидрофилизации функциональных поверхностей // Энергосбережение теория и практика: тез. докл. 7-й Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов. М., 2014. Т. 3.

2. Рыженков А.В., Морозов М.А., Юренко О.В. Современное состояние трубопроводных систем для транспортировки жидких сред и углеводородов // Естественные и технические науки. 2012. № 4. С. 334–338.

3. Колосов М.В. Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения: автореф. … дис. канд. техн. наук. Красноярск, 2011. 21 с.

4. Nilpueng K.A. Experimental study of single-phase heat transfer and pressure drop inside a plate heatexchanger with a rough surface // Experimental Thermal and Fluid Science. 2015. Vol. 68. Pp. 268–275.

5. Rotach R.R., Akhmetov E.A., Gaponenko S.O. Definition of an optimum method of water preparation for needs of the enterprises // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 140. 4 p.

6. Исламова Г.Ф., Гапоненко С.О. Интеллектуальная система управления технологическим процессом на объектах нефтегазодобычи // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 121–123.

УДК 621.694.2.621.452

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЖЕКТОРА С КРИВОЛИНЕЙНЫМ УЧАСТКОМ КАМЕРЫ СМЕШЕНИЯ НА ЕГО КОЭФФИЦИЕНТ ЭЖЕКЦИИ

Картас С.С.
ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
salar.saber@mail.ru
Науч. рук. Панченко В.И.

Приведены результаты расчетов для эжекторов с криволинейным участком камеры смешения. Оценивается влияние геометрических параметров эжектора на его коэффициент эжекции и его характеристику. Дано обоснование выбора геометрических параметров эжекторов с криволинейным участком камеры смешения.

Ключевые слова: эжектор, криволинейная камера смешения, характеристика, коэффициент эжекции.

Струйные аппараты – устройства, в которых происходит передача кинетической энергии от одной среды (активной или рабочей), движущейся с большей скоростью, к другой (пассивной или инжектируемой) [2, 3].

Смешиваемые потоки могут находиться в одной и той же фазе (жидкой, паровой, газовой) или в разных фазах (например, пар и жидкость, газ и твердое тело и др.). В процессе смешения фазовое состояние смешиваемых потоков может оставаться неизменным или же изменяться (например, пар может превращаться в жидкость).

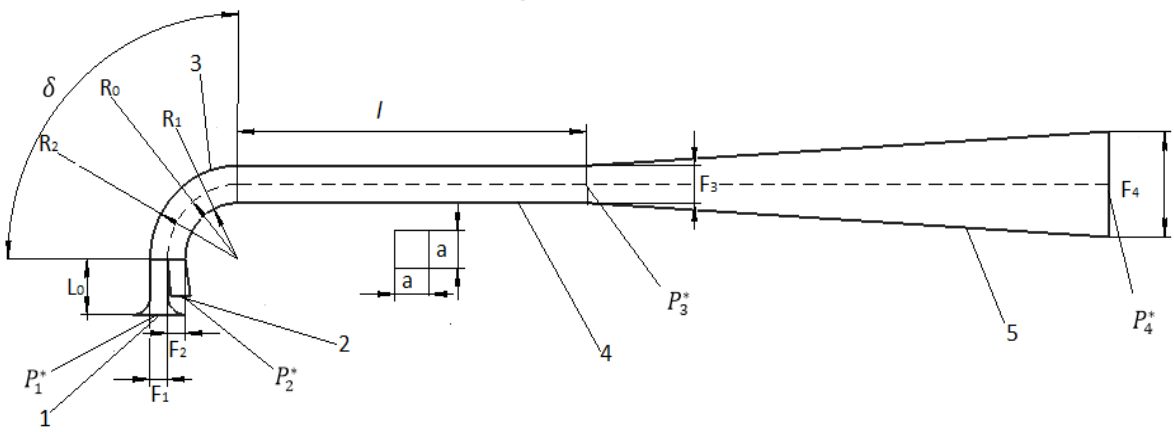


Рис. 1. Схема эжектора с криволинейным участком камеры смешения при $R_0/a = 2$: *1* – сопло высоконапорного потока; *2* – сопло низконапорного потока; *3* – начальный участок камеры смешения; *4* – прямолинейный участок камеры смешения; *5* – диффузор

Коэффициент эжекции $n = G_2/G_1$ – это относительный расход пассивной жидкости, который зависит от отношения площадей сопел, от начальных давлений, от режима работы эжектора.

В настоящей работе представлены результаты численного расчета характеристики $\left(\dfrac{P_4^* - P_2^*}{P_1^* - P_2^*} = f(n)\right)$ криволинейных эжекторов с геометрическим параметром $F_1/F_2 = 1; 0,5$ при относительных размерах колен и отводов $R_0/a = 1; 2.$

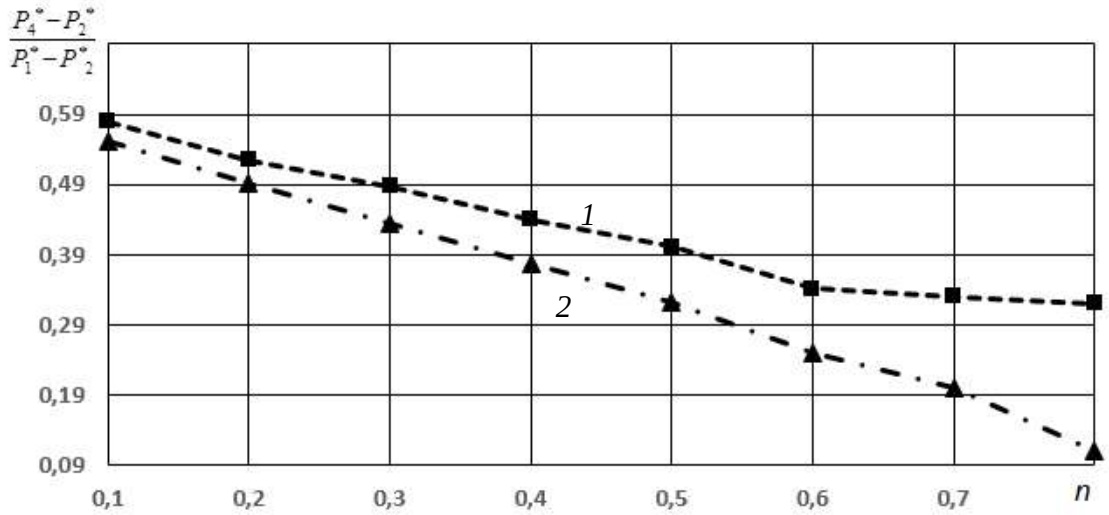


Рис. 2. Сравнение характеристик эжекторов на криволинейном участке камеры смешения $(F_1/F_2 = 1,\ l/a = 10,0)$: *1* – при $R_0/a = 2$; *2* – $R_0/a = 1$

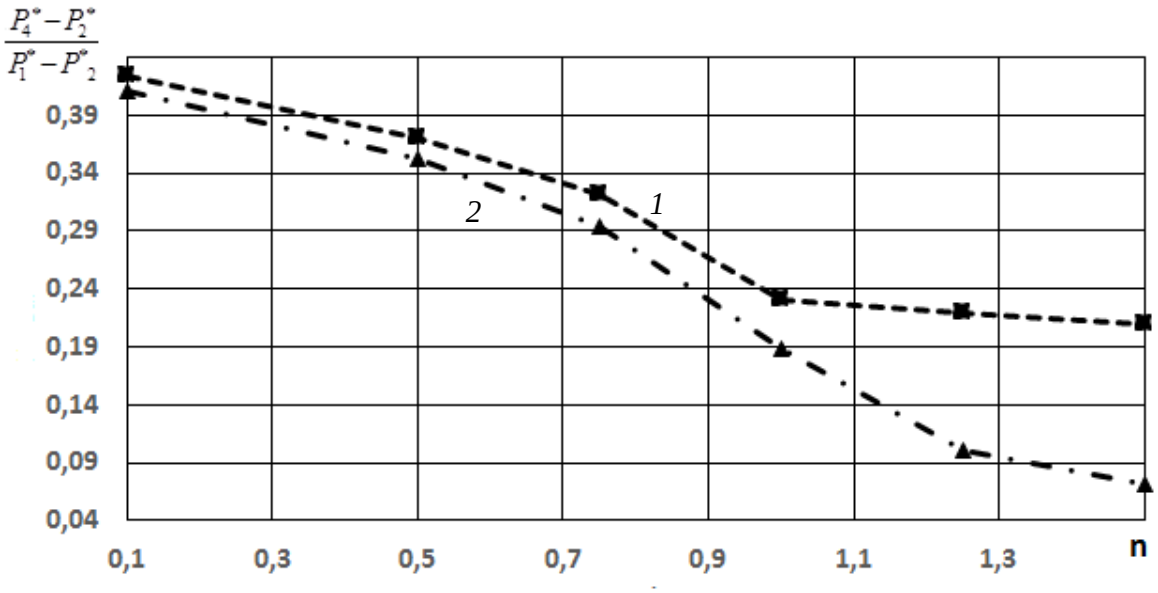


Рис.3. Сравнение характеристик эжекторов на криволинейном участке камеры смешения (отвод и колено)$(F_1/F_2 = 0,5,\ l/a = 10,0)$: *1* – при $R_0/a = 2$; *2* – $R_0/a = 1$

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Коэффициент эжекции зависит от отношения площадей F_1/F_2. Чем меньше отношения F_1/F_2, тем больше коэффициент эжекции.

2. При одинаковых коэффициентах эжекции относительный перепад давлений у криволинейного эжектора больше при относительном радиусе отвода $R_0/a=2$, чем у прямолинейного эжектора при относительном радиусе $R_0/a=1$ (колено).

Литература

1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1976. 888 с.

2. Соколов, Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. М.: Энергоатомиздат, 1989. 352 с.

3. Битюцких, С.Ю., Спиридонов, Е.К. Исследование и расчет гидродинамики в струйном насосе // Вестник ЮУрГУ. 2016. Т. 16, № 1. С. 5–15.

УДК 621.311.22

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЭЦ

Кашеварова Д.С.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
daria.das-kas@yandex.ru
Науч. рук. Валиев Р.Н.

Современные экономические и экологические реалии подталкивают теплоэнергетиков к поиску дополнительных возможностей оптимизации технологических процессов. С этой целью проведен анализ физико-химических процессов, происходящих в оборотной воде при теплогенерации. Условно вода рассмотрена как самостоятельный элемент системы водоснабжения. Выявлены технологические проблемы, устранение которых позволит повысить эффективность работы всей системы оборотного водоснабжения тепловых станций.

Ключевые слова: тепловая энергия, градирня, водно-химический режим, оборотное водоснабжение.

В современной теплоэнергетике востребованы технологические решения, оптимизирующие производственные процессы, снижающие затраты производства и уменьшающие негативные воздействия на экологию. На тепловых электростанциях с оборотным водоснабжением улучшить технико-экономические показатели и снизить загрязнения окружающей среды можно за счет повышения эффективности эксплуатируемых систем водоснабжения [1]. В этой связи является актуальным исследование возможных способов повышения эффективности эксплуатируемых оборотых систем с градирнями в тепловых электростанциях.

Оборотные системы водоснабжения на тепловых станциях различаются по охладителю воды: водоем-охладитель; охладительная башня – градирня; брызгальный бассейн. В российской теплоэнергетике для охлаждения воды наибольшее распространение получили градирни.

Процесс охлаждения в градирнях происходит за счет частичного испарения воды и теплообмена с воздухом. Вода в градирне стекает по оросителю сбегает каплями или тонкой плёнкой, а вдоль оросителя проходят потоки воздуха. Потеря жидкости восполняется за счет внешнего источника. Для анализа оборотной системы водоснабжения в градирне выделяем два самостоятельно исследуемых элемента технологического процесса: движущийся теплоноситель (вода) и конструктив самой градирни. При технологическом взаимодействии возникают «проблемные» центры, обнаружение и устранение которых позволит повысить эффективность работы всей системы оборотого водоснабжения [2].

Особенностью систем оборотого водоснабжения является многократность используемой технической воды. При этом оборотные системы с градирнями эксплуатируются при изменяющихся конденсационных нагрузках турбин, что приводит к изменениям расхода охлаждающей воды через конденсаторы, потерям на градирнях. Кроме того, непостоянен солевой состав воды потоков, поступающих в оборотную систему. А для корректной работы тепловой электростанции необходим недифференцированный оптимальный водно-химический режим системы охлаждения, желательно при минимальных затратах на обработку воды [3]. Контроль и оптимизацию режима системы оборотного охлаждения рекомендуется проводить в соответствии с «Методическими указаниями по водно-химическому режиму оборотных систем охлаждения тепловых электростанций с градирнями» РД 34.22.103-94. Вносимое количество реагентов, добавляемых в оборотную воду, рассчитывается по стандартным формулам.

Кроме обеспечения требуемого водно-химического режима, в оборотной воде следует предотвратить механические, химические и биологические загрязнения конденсаторов, турбин, сопел и других элементов водоснабжения. Продуктами загрязнений теплопередающих поверхностей охлаждающей воды являются образовавшиеся в конденсаторе бактерии и выпавшие в виде осадков неорганические соединения (карбонаты, магнезит, продукты коррозии металлов). Накопление отложений на внутренних трубных поверхностях происходит за счет наноса и оседания взвешенных веществ; образования продуктов коррозии поверхности нагрева; выделение образование сложных накипей (карбонаты различных ионов металлов).

В качестве реагентов используются ингибиторы солеобразования (фосфонаты), умягчители (фосфаты, минеральные соли), ингибиторы коррозии металла (модифицирующие добавки), замедлители биоотложений [4]. Недостатком обработки воды реагентами является сложность контроля вносимой дозировки и возможное взаимоисключение действия при совместном внесении нескольких веществ. Поэтому в последнее время применяется комплексное решение путем внесения химически сбалансированных комплексонов. Дополнительным решением проблем химической обработки воды в системе оборотного охлаждения с градирнями тепловых электрических станций может стать применение автоматизированных комплексов по контролю режима работы системы.

Наряду с химическими способами борьбы с загрязнениями систем водоснабжения тепловых станций используют механические методы очистки оборудования. При механическом способе очистки требуется разборка аппарата, что связано с большой затратой времени и является основным недостатком данного способа. Наиболее широко распространен метод очистки с помощью различных режущих наконечников, головок, ершей и шарошек.

Таким образом, правильно поддерживаемый водно-химический режим системы оборотного охлаждения обеспечит эффективную работу тепловых электрических станций. Химические, биологические отложения и продукты коррозии оказывают негативное влияние на технологическое оборудование. Для повышения эффективности системы оборотного водоснабжения следует подбирать комплексные реагенты, устраняющие образования и оптимизировать процесс внесения точных концентраций реагентов.

Литература

1. Бондарь Ю.Ф. Оптимизация водно-химического режима оборотных систем охлаждения с градирнями // Энергосбережение и водоподготовка. 2008. № 3. С. 8–10.

2. Власов С.М., Чичирова Н.Д. Поддержание оптимального водно-химического режима системы технического водоснабжения с градирнями // «Тинчуринские чтения»: матер. докл. VIII Междунар. молод. науч. конф. 2013. Т. 2. С. 171.

3. Терентьев В.И., Караван С.В. Выбор оптимального зонно-химического режима работы водооборотных систем охлаждения с градирнями // Энергосбережение и водоподготовка. 2007. № 3. С. 20–22.

4. Выбор ингибиторов коррозии для систем водоснабжения / Б.Н. Дрикер [и др.] // Энергосбережение и водоподготовка. 2012. № 5. С. 2–5.

УДК 697.34:681.58

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЭТАПНОГО ВНЕДРЕНИЯ АИТП НА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Кузборская К.С.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
k.kuzborskaya@yandex.ru
Науч. рук. Звонарева Ю.Н.

Предложены варианты по оценке влияния поэтапного внедрения автоматизированного индивидуального теплового пункта на систему теплоснабжения, представлены результаты исследований и использование этих результатов на практике.

Ключевые слова: тепловой пункт, теплоснабжение, АИТП, тепловая энергия, потребитель.

В соответствии с изменениями и дополнениями Федерального закона № 417-ФЗ от 7 декабря 2011 г., внесенными в Федеральный Закон № 190-ФЗ от 27.07.2010 года «О теплоснабжении», существенно изменяются подходы к проектированию и эксплуатации систем теплоснабжения. Такие подходы создают возможность решения многих научно-технических задач, одним из которых является переход с открытой системы на закрытую систему теплоснабжения, а также актуальным в данное время считается переход от центральных тепловых пунктов (ЦТП) к индивидуальным (ИТП), размещаемым непосредственно в самом здании. Такая замена позволяет решать сразу несколько проблем: снижение потерь тепла

при транспортировке, разрегулированность сети у потребителей, уменьшение расхода теплоносителя, и, следовательно, повышение экономической энергоэффективности. Также модернизация ЦТП и распределительных сетей требует больших затрат, в отличие от индивидуальных тепловых пунктов [1].

Однако при такой замене следует учитывать обеспеченность требуемым количеством энергии потребителей. Чтобы добиться этой цели, следует достичь стабильного гидравлического режима или высокого показателя гидравлической устойчивости сети. Гидравлическая устойчивость – способность системы сохранять постоянный расход теплоносителя на абонентских вводах при изменении условий работы других потребителей [2]. Чем устойчивее система, тем меньше влияние гидравлического режима всей системы на гидравлический режим отдельных абонентов. Ранее уже были проведены исследования для оценки влияния поэтапного внедрения автоматизированного индивидуального теплового пункта на гидравлическую устойчивость системы от наиболее приближенного потребителя к наиболее удаленному. Расчеты проводились с помощью современного программного комплекса «Zulu Thermo», который позволяет смоделировать и рассчитать любую централизованную систему теплоснабжения. Внедрение АИТП проводилось в несколько этапов на примере системы теплоснабжения жилого квартала. Были проведены измерения значений относительного расхода сетевой воды и температуры внутри помещения на конечных потребителях рассматриваемого квартала в зависимости от процента оснащённости потребителей АИТП. Результаты исследований показали, что чем меньше потребителей остается без АИТП, тем с наибольшим «перетопом» они работают. При оснащении 100 % потребителей АИТП, температурный режим внутри помещений стабилизируется и соответствует нормативно-техническим документам (рис. 1).

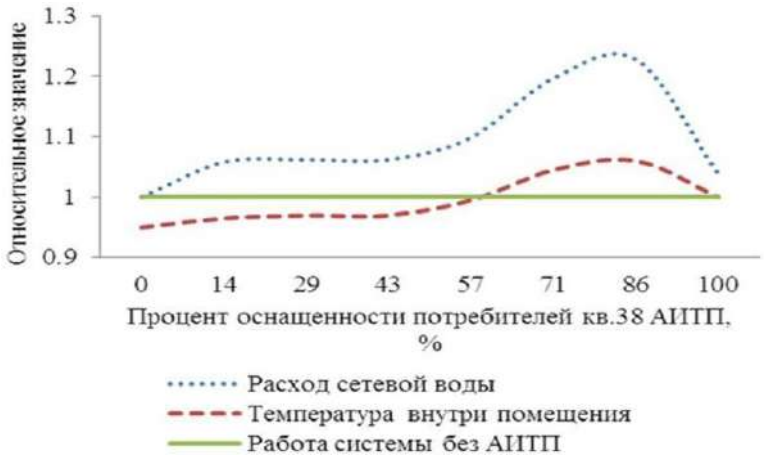


Рис. 1. Изменение значений относительного расхода и температуры сетевой воды

Также был проведен анализ влияния на гидравлический режим системы теплоснабжения переход с ЦТП на АИТП (рис. 2). Анализ показал, что внедрение АИТП у числа абонентов с подключенной тепловой нагрузкой менее 30 и более 75 % от общей нагрузки системы теплоснабжения, не вносит значительного изменения в гидравлический режим. Для наиболее качественного теплоснабжения АИТП должно быть установлено на числе потребителей, превышающих 75 % от общего количества [3].

Рис. 2. Требуемый располагаемый напор на выходе ЦТП в зависимости от этапов внедрения АИТП

Примером эффективности внедрения АИТП может служить тот факт, что при оснащенности индивидуальными тепловыми пунктами (которые составляют 92 % от всего жилого фонда) за период с 2007 по 2016 гг. было снижение теплопотерь в сетях с 19 до 15 %. При этом отпуск тепла с источников тепловой энергии имеет тенденцию к снижению – с 4,1 млн Гкал (2009 г.) до 3 млн Гкал (2016 г.) [4].

На данный момент проводятся исследования по оценке влияния различных этапов внедрения АИТП по оснащению от наиболее удаленного от ЦТП потребителя к наиболее приближенному потребителю, и как это внедрение повлияет на показатели системы теплоснабжения, источника и тепловых сетей.

Литература

1. Колесников А.Н. О переходе от открытых систем теплоснабжения и ГВС к закрытым (в трактовке 190-ФЗ) // Новости теплоснабжения. 2016. № 11 (171). С. 21–27.

2. Запольская И.Н., Ваньков Ю.В. Повышение эффективности систем ГВС установкой автоматизированных ИТП // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 4 (36). С. 23–34.

3. Звонарева Ю.Н. Работа системы теплоснабжения при поэтапном внедрении автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. № 1-2. С. 31–40.

4. Волков Д.А. О системе теплоснабжения города Набережные Челны // Новости теплоснабжения. 2017. № 3 (199). С. 25–32.

УДК 62-663.1

ХАРАКТЕРИСТИКИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ПЕЧИ С ЗАМЕДЛЕННЫМ ГОРЕНИЕМ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Макагон А.Н.[1], Яшин Д.С.[2], Бурухина О.В.[3]

[1-3]ФГБОУ ВО «СГУ», г. Саратов

makagonan@mail.ru, yans98@mail.ru, dioksanochka@mail.ru

Науч. рук. Печенегов Ю.Я.

Приведены результаты расчётного исследования основных характеристик отопительной каталитической печи с замедленным горением загруженного твердого топлива. Показано, что важными управляющими факторами являются соотношение высот дымовой трубы и слоя зернистого катализатора, а также размер частиц катализатора.

Ключевые слова: отопительная печь, твёрдое топливо, слой катализатора, гидравлическое сопротивление, самотяга, тепловая мощность.

Для временного, а во многих случаях и для постоянного обогрева помещений разного назначения используются переносные печи, работающие на твердом топливе. Общим недостатком таких транспортабельных печей является низкий их КПД и наличие в уходящих дымовых газах продуктов недожога.

Нами предложена обогревательная каталитическая твердотопливная печь [1], в значительной мере свободная от названных недостатков (рис. 1).

Особенностью печи является наличие слоя зернистого катализатора на пути движения высокотемпературных дымовых газов.

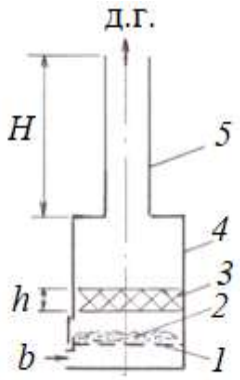


Рис. 1. Схема печи: *1* – колосниковая решетка; *2* – слой топлива; *3* – слой катализатора; *4* – корпус; *5* – дымовая труба; *b* – воздух; д. г. – дымовые газы

Твёрдое топливо с теплотой сгорания $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ загружается на колосниковую решетку *1* в количестве *M*, кг. Полное сгорание загруженного топлива происходит в течение назначенного интервала времени τ в условиях замедленного горения при ограниченной и регламентированной подаче воздуха через колосниковую решетку *1* в слой топлива *2*. Образующиеся в процессе горения топлива продукты химического недожога подвергаются доокислению при фильтрации дымовых газов через слой катализатора *3* высотой *h*. Затем дымовые газы через стенки корпуса *4* передают тепло воздуху, окружающему печь, и по дымовой трубе *5* высотой *H* выбрасываются в атмосферу.

На основе баланса потерь напора дымовых газов по тракту их движения и самотяги дымовой трубы, а также допущения, что основное сопротивление потоку газов оказывает слой катализатора из зерен размером $d_{\text{т}}$, в работе [2] для удельной тепловой мощности, выделяющейся при горении топлива и приходящейся на 1 м^2 площади сечения слоя катализатора, получено, кВт/м^2 :

$$Q_{\text{т}} = \left(\frac{14,6}{d_{\text{т}}^2} + 437,82 \cdot 10^3 \frac{H}{h} d_{\text{т}} \right)^{0,5} - \frac{3,82}{d_{\text{т}}}. \qquad (1)$$

Расчёты с использованием уравнения (1) выполнялись при условии, что время горения однократной загрузки твердого топлива с теплотой сгорания $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$=25000 кДж/кг составляет τ = 12 ч. Скорость сгорания, кг/(м^2 · с):

$$B = Q_{\text{т}} \frac{f}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}, \tag{2}$$

где f – площадь поперечного сечения слоя катализатора, принято $f = 1$ м^2.

Вес однократной загрузки топлива, приходящийся на $f = 1$ м^2, кг/м^2:

$$M = B\tau. \tag{3}$$

Высота слоя катализатора определяется по выражению:

$$h = w\tau_{\text{р}}, \tag{4}$$

где $\tau_{\text{р}}$ – время пребывания дымовых газов в слое катализатора, принималось $\tau_{\text{р}} = 0{,}5$ с; w – скорость дымовых газов, м/с:

$$w = B\frac{V}{f}\frac{T}{T_0}, \tag{5}$$

где V – объем дымовых газов при нормальных условиях (при T_0 = 273 К), образующихся при сгорании 1 кг топлива, согласно [3], м^3/кг:

$$V = 1{,}25\frac{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}{3800}, \tag{6}$$

T – температура дымовых газов в слое катализатора, равна 1848 К [2].

Учитывая (5) и (6), выражение (4) запишем в виде:

$$h = 28{,}2B, \tag{7}$$

где B определяется по уравнению (2).

Результаты расчётов приведены на рис. 2–4.

Из рис. 2 и 3 видно, что изменяя конструктивные характеристики печи H/h и d_T, можно управлять такими режимными её показателями, как тепловая мощность и количество загружаемого топлива.

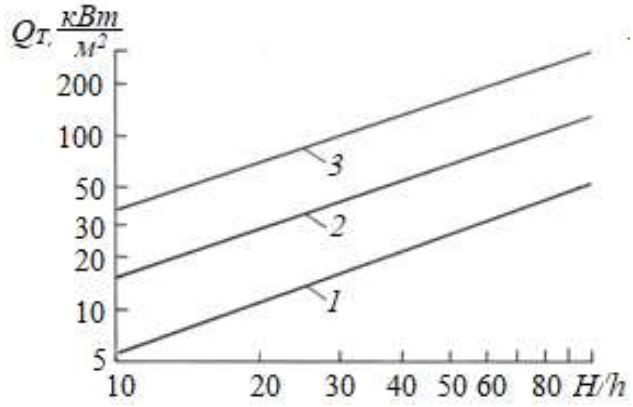


Рис. 2. Зависимость $Q_т$ от *H*/*h*: *1* – $d_т$ = 0,003 м; *2* – 0,005 м; *3* – 0,008 м

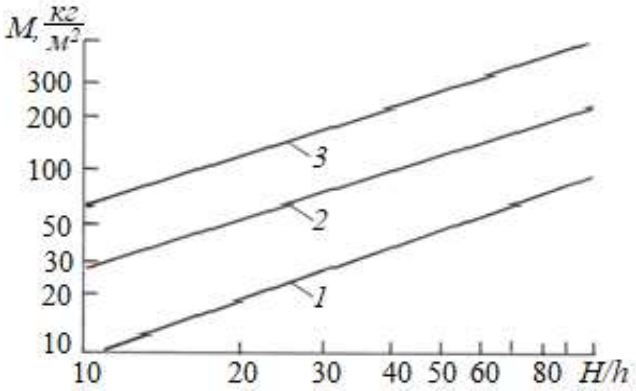


Рис. 3. Зависимость *M* от *H*/*h*: *1* – $d_т$ = 0,003 м; *2* – 0,005 м; *3* – 0,008 м

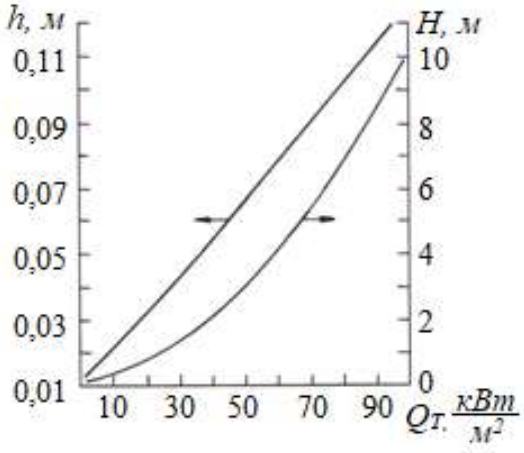


Рис. 4. Зависимость *h* и *H* от $Q_т$ Q_T : $d_т$ = 0,005 м

Из рис. 4 видно, что при высоте *h* слоя катализатора, составляющей несколько сантиметров, для обеспечения требуемой самотяги и удаления дымовых газов из печи потребуется дымовая труба высотой *H* до 9 м. Полученные связи важны для правильного проектирования печей.

Литература

1. Каталитическая твердотопливная печь: пат. 2707778 Рос. Федерация № 2018144517; заявл. 14.12.2018; опубл. 29.11.2019, Бюл. 34.

2. К расчету основных теплогидравлических характеристик воздушной каталитической печи, работающей на твердом топливе / Ю.Я. Печенегов [и др.] // Перспективные полимерные композитные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология: докл. Междунар. конференции. Энгельс, 2019. С. 189–192.

3. Теплотехника / А.П. Баскаков [и др.]; под ред. А.П. Баскакова. М.: Энергоатомиздат. 1991. 224 с.

УДК 697.343:547.422

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНОГО РАСТВОРА ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЧАСТНЫХ ДОМОВ

Макуева Д.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
dil.avp@mail.ru, aekondr@mail.ru
Науч. рук. Кондратьев А.Е.

Предложено использование водного раствора пропиленгликоля в системах теплоснабжения. Проведена зависимость температуры кристаллизации водного раствора пропиленгликоля от его концентрации. Также подобрана оптимальная концентрация гликоля в воде для использования в системах теплоснабжения.

Ключевые слова: теплоемкость, гликоль, системы теплоснабжения, кристаллизация, водные растворы пропиленгликоля, температура замерзания, водный раствор.

Теплоноситель представляет собой вещество, служащее для переноса тепла в теплообменном оборудовании. Одним из распространенных и доступных для потребителя вариантов является вода. Несмотря на все необходимые для теплоносителя свойства, вода имеет высокую температуру кристаллизации. Именно поэтому воду следует заменить альтернативными вариантами теплоносителей [1]. Пропиленгликоль – двухатомный спирт,

представляющий из себя при обычных условиях бесцветную вязкую гигроскопичную жидкость с температурой кипения +187 °С, кристаллизации –60 °С [2].

Правильно подобранный теплоноситель для системы отопления частного дома выполняет сразу несколько функций и решает поставленные перед ним задачи. На сегодняшний день в сфере отопления у теплоносителей на основе воды нет конкуренции. Это объясняет популярность ее применения в качестве теплоносителя. С другой стороны, если в частном доме смонтирована полноценная система отопления, заправленная водой, а не замерзающим теплоносителем, то в случае промерзания, трубы отопления и радиаторы может разорвать. Несомненным преимуществом использования антифриза является защита системы от замерзания (кристаллизации) и разрывов.

Благодаря отсутствию токсичности и взрывоопасности раствор подходит для бытового применения. Например, традиционные теплоносители технического назначения на основе этиленгликоля считаются ядовитыми и токсичными (ГОСТ 19710-83), и поэтому его применение в жилых домах крайне затруднительно, в то время как растворы на основе пропиленгликоля считаются пищевыми добавками (Е1520) [3].

Жидкое состояние теплоноситель на основе пропиленгликоля сохраняет при температуре от –40 до +100 °С. Важнейшим теплофизическим параметром водного раствора пропиленгликоля (ВРП) является зависимость температуры кристаллизации от его концентрации. Зависимость температуры от концентрации имеет нелинейный характер, приведенный в таблице.

Технические показатели водных растворов пропиленгликоля

Показатели	Норма					
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Температура начала кристаллизации, °С	–6	–11	–23	–35	–50	–65
Плотность при температуре, г/см^3	1,014… 1,016	1,022… 1,024	1,031… 1,033	1,036… 1,038	1,040… 1,042	1,041… 1,043
Внешний вид	Прозрачная однородная жидкость без механических примесей. Оттенки цвета не нормируются					

Плотность теплоносителя зависит от концентрации основного компонента. Чем выше процентное количество антифриза, тем выше температура его кристаллизации, а также выше показатель плотности водного раствора пропиленгликоля.

Растворы гликолей на водной основе бывают в концентрации от 5 до 99,8 % от веса антифриза, но в качестве теплоносителя в системах теплоснабжения используются 40–45 % растворы, поскольку неразбавленные составы антифризов агрессивны и склонны стимулировать развитие коррозии [4]. В таблице рассматриваются 20–70 % составы и температуры, при которых начинается их кристаллизация. Пропиленгликоль (50 %) на водной основе предназначен для систем отопления и хладоснабжения в жилых и общественных зданиях, на пищевых, парфюмерных предприятиях, в фармацевтической промышленности с высоким требованием к экологической безопасности.

Перед тем как запустить водный раствор пропиленгликоля, в систему отопления следует учесть следующие свойства антифриза: большую вязкость и текучесть, высокую стоимость. Нежелательно использовать ВРП в системах, где присутствуют цинковые элементы (контуры с трубами с внутренней оцинковкой), так как даже при невысоких рабочих температурах слой цинка, находящийся внутри, может отсоединяться. Что приведет к внеплановому ремонту и даже замене части контура [4].

Литература

1. Пропиленгликоль для отопления [Электронный ресурс]. URL: https://abuildic.ru/propilenglikol-dlja-otoplenija.html (дата обращения: 01.03.2020).

2. Сравнение теплоносителей: вода, пропиленгликоль и этиленгликоль [Электронный ресурс] URL: http://www.teploobmenka.ru/oborud/art-compare/ (дата обращения: 25.01.2020).

3. Генель Л.С., Галкин М.Л. Некоторые особенности применения теплоносителя на основе пропиленгликоля // Холодильная техника. 2000. № 5. С. 26–27.

4. Сфера применения пропиленгликоля [Электронный ресурс]. URL: https://www.eglikol.ru/sfera-primeneniya-propilenglikolya (дата обращения: 02.03.2020).

УДК 620.178.5:681.586.773

ОСОБЕННОСТИ КАЛИБРОВКИ ПЬЕЗОДАТЧИКОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ВИБРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

Мукатдаров А.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
alikjan1155@yandex.ru
Науч. рук. Кондратьев А.Е.

Рассматриваются основные принципы проведения виброакустической диагностики, а так же подготовка необходимого измерительного оборудования к проведению исследований.

Ключевые слова: вибродиагностика, калибровка, пьезоэлектрический датчик, оценка технического состояния, колебания**.**

В наше время вибродиагностика занимает одно из ведущих мест среди методов оценки технического состояния объектов промышленности и технического оборудования. Создание современной техники, новых эффективных технологических процессов, решение задач повышения надёжности и долговечности энергетического оборудования, обеспечение защиты людей от влияния вредных вибрационных и ударных воздействий требует постоянного внимания к качеству методического и аппаратурного обеспечения вибродиагностики.

Для измерения вибрационных и ударных ускорений, особенно в высокочастотной области наибольшее распространение получили пьезоэлектрические виброизмерительные преобразователи (ПВП).

От качества измерительной информации, получаемой от вышеуказанных преобразователей, в значительной степени зависит эффективность решения важных диагностических задач. Это определяет актуальность исследований, направленных на совершенствование и создание новых пьезоэлектрических и вихретоковых измерительных преобразователей с улучшенными характеристиками и более широкими эксплуатационными возможностями.

Наиболее важным показателем работы пьезодатчика является стабильность его метрологических характеристик во времени и к воздействию внешних влияющих факторов. В экстремальных условиях эксплуатации датчиков возможны как обратимые, так и необратимые изменения их коэффициентов преобразования и других характеристик. Это, естественно, ограничивает условия применения и является одним из самых серьезных недостатков пьезоэлектрических акселерометров.

Калибровка измерительной аппаратуры является важнейшей частью процедуры подготовки средств измерений к испытаниям. Различают калибровку собственно датчика вибрации и калибровку всего измерительного тракта от датчика до индикаторного устройства виброизмерительного прибора. Калибровка датчика является обязательной процедурой, следующей за его изготовлением. В результате калибровки измерительного тракта «датчик – измеритель» устанавливается соответствие между измеряемым параметром вибрации и показаниями индикаторного устройства виброизмерителя, отградуированного в единицах параметра вибрации. Откалиброванная аппаратура позволяет получать результаты измерений вибропараметра простым считыванием показаний с индикаторного устройства виброизмерителя.

Основной целью калибровки датчика является определение его чувствительности в рабочем диапазоне частот и амплитуд в направлении оси чувствительности датчика, т. е. определение коэффициента передачи, амплитудной характеристики, АЧХ и ФЧХ. Чувствительность датчика прямолинейной вибрации – это отношение выходного сигнала датчика к входному при синусоидальном воздействии, приложенном к посадочной поверхности датчика вдоль его оси чувствительности. Калибровку датчиков вибрации выполняют абсолютными методами и методом сличения. В абсолютных методах используют вибрацию или удар с известными параметрами. Абсолютный метод можно назвать также калибровкой по заданному внешнему воздействию.

Откалиброванный датчик можно использовать в качестве эталонного (образцового) для калибровки другого датчика путем сопоставления сигналов с датчиков, подверженных действию одинаковой вибрации. При этом следует помнить, что более предпочтительной (точной) является калибровка абсолютными методами, в первую очередь методом, основанным на измерении задаваемой амплитуды перемещения и частоты вибрации. В методе сличения для задания одинаковых движений контрольного и калибруемого датчиков их устанавливают на стол вибратора, задают виброускорение определенной амплитуды и регистрируют отклики контрольного и калибруемого датчиков. Если амплитудные характеристики датчиков, измеряющих один и тот же параметр вибрации, линейны, то чувствительность определяют по результатам измерения

вибрации контрольным датчиком и выходному сигналу калибруемого датчика. Определение чувствительности калибруемого датчика $S_a(k)$ сводится к получению отношения снимаемых в одинаковых условиях напряжений с калибруемого u и контрольного u_k датчиков:

$$S_a(k) = \frac{u}{u_k} S_k(k),$$

где $S_k(k)$ – чувствительность контрольного датчика.

При калибровке пьезодатчиков и виброизмерениях с откалиброканными пьезодатчиками следует иметь в виду, что от правильной и точной калибровки зависит точность и качество производимого исследования.

Литература

1. Вибростенд для калибровки пьезодатчиков: пат. 178307 Рос. Федерация № 2017127383; заявл. 31.07.2017; опубл. 29.03.2018, Бюл. № 10.
2. Установка для калибровки пьезоэлектрических датчиков / С.О. Гапоненко [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2016. № 7-8. С. 79–86.
3. Мукатдаров А.А. Принципы калибровки пьезоэлектрических датчиков при диагностике объектов ЖКХ // XXIII Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика. 2019.
4. Грибков В.А., Шиян Д.Н. Виброизмерительная аппаратура: структура, работа датчиков, калибровка каналов : учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 109 с.

УДК 621.646.42

ВНЕДРЕНИЕ РЕГУЛЯТОРА ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ В СИСТЕМУ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА

Мусин И.И.[1], Зиганшин Ш.Г.[2]

[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]miladarr@yandex.ru

Рассмотрены проблемы, существующие в системе теплоснабжения города Казань, в частности, тепловых сетях и способы оптимизации системы теплоснабжения.

Ключевые слова: регулятор перепада давления, регуляторы мембранного типа, система теплоснабжения, гидравлические системы.

В Казани, как и по всей России, в качестве источника тепловой энергии выступают теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и котельные. В настоящее время в Казани функционируют следующие системы теплоснабжения:

1. Система централизованного теплоснабжения от источников АО «Татэнерго»: Казанские ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, котельные «Савиново», «Азино», «Горки», а также от источника ОАО «ТГК-16» – Казанской ТЭЦ-3.

2. Система теплоснабжения от котельных АО «Казэнерго» охватывает всю территорию города, в основном южную и западную части.

3. Система теплоснабжения от котельных промышленных предприятий и ведомственных котельных охватывает точечно отдельные здания или группы жилых домов, объекты социальной сферы и составляет крайне малую часть в тепловом балансе города.

Задача теплоэлектроцентралей, расположенных в городах, состоит в том, что, находясь в центре тепловых нагрузок, ТЭЦ должны отдавать тепловую энергию на необходимые нужды и в тепловые сети. Загрузка ТЭЦ по теплу в первую очередь зависит от потребностей города [1].

Основным принципом оптимизации систем теплоснабжения является закольцовка магистральных сетей, чтобы можно было от любой станции в любой момент подать необходимое количество тепла [2].

Во время эксплуатации городских тепловых сетей основными проблемами являются повышенное давление в обратном трубопроводе, недостаточный перепад давления между подающим и обратным трубопроводом, разрегулированность сети у потребителей и т. д.

Причинами таких проблем могут быть:

– неверно подобранный диаметр трубопроводов;

– высокий расход теплоносителя;

– уменьшение внутреннего диаметра труб из-за отложений.

В качестве решения вышеупомянутых проблем могут выступить регуляторы перепада давления.

Регулятор перепада давления – это трубопроводная арматура, предназначенная для автоматического поддержания определенной разницы давлений воды, в местах отбора импульсов. Для поддержания постоянного перепада давлений осуществляется изменение проходного сечения клапана регулятора. В зависимости от реакции на изменение перепада регуляторы делятся на открывающиеся и закрывающиеся при увеличении перепада. Принцип работы регулятора перепада давления основан на использовании энергии воды для управления клапаном без подвода энергии от внешнего источника. Наиболее популярными оказались регуляторы перепада давления в системах отопления с динами-

ческим гидравлическим режимом. Рекомендуется устанавливать регулятор в обратном трубопроводе после компонентов, на которых должно поддерживаться постоянное давление. В определенных ситуациях, особенно при очень высоком давлении в подводящей линии, регулятор перепада давления может устанавливаться в потоке [3].

Достоинства регулятора перепада давления:

– высокая точность поддержания давления;

– не требует технического обслуживания;

– надежная и ремонтопригодная конструкция;

– простая настройка;

– не требует внешних источников питания.

Недостатки:

– высокая цена;

– высокие требования к качеству теплоносителя;

– сложная конструкция;

– диапазон настроек ограничен усилием сжатия пружины.

В настоящее время в большинстве случаев используются регуляторы мембранного типа. В таком устройстве расположена камера с установленной по центру мембраной, которая соединяется с затвором клапана. Положение затвора меняется при смещении мембраны в любую из сторон, в результате чего количество протекающего через регулятор теплоносителя уменьшается или увеличивается. Воздействие на мембрану осуществляется посредством двух импульсных линий, по которым поступают сигналы, идущие из подающей трубы и «обратки». Реагирующая на разные показатели давлений пружина сжимается, воздействуя, таким образом, на мембрану, занимающую определенное положение [4].

Внедрение регулятора перепада давления поспособствует оптимизации распределения теплоносителя между потребителями, снижению потерь тепла и общих расходов в сети.

Литература

1. Теплоснабжение крупного города от загородной ТЭС / Б.Е. Кореннов [и др.] // Теплоэнергетика. 1992. № 11. С. 8–10.

2. Шеин И.С., Извеков А.В. Некоторые вопросы оптимизации функционирования городского теплового узла // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: тез. докл. XVI Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Москва, 2010. Т. 3. С. 142–143.

3. Регулятор перепада давления [Электронный ресурс]. URL: https://www.danfoss.com/ru-ru/products/differential-pressure-and-flow-controllers/dhs/differential-pressure-flow-and-temperature-controllers/differential-pressure-controllers/#tab-overview (дата обращения: 20.02.2020).

4. Регулятор перепада давления: принцип работы, конструкция [Электронный ресурс]. URL: https://otoplenie-guide.ru/oborudovanie/komplektuyushie/regulyator-perepada-davleniya (дата обращения: 21.02.2020).

УДК 620.92

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА

Мустафина Г.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
gulfia999@gmail.com
Науч. рук. Кондратьев А.Е

Рассматривается качество производства биогаза в зависимости от используемых органических отходов и их доступность, а конкретно энергетическая ценность птичьего помета, критерии качества полученного продукта, причина различия свойств биомассы и цикл его производства.

Ключевые слова: альтернативный источник энергии, биогаз, органическое сырье, органические отходы, биореактор, птицефабрика

Результатом производства птицефабрики являются не только яйца и мясо птицы, но и органические отходы. Известно, что выделяемая биомасса по своему количеству преобладает над продуктами, пригодными для употребления в пищу, т. е. за год от одной курицы получают 200–300 яиц, т. е. примерно 15–18 кг яйцемассы, а птичьего помета выделяется примерно 55–77 кг, а на каждый килограмм мяса дополнительно приходится 3 кг помета. Как известно, свежий помет – это в первую очередь выделения ядовитых газов, приводящие к загрязнению окружающей среды, во-вторых, неприятный запах. Поэтому данный продукт необходимо подвергать переработке не только с целью утилизации, но и для получения биогаза.

Различают помет натуральной влажности, жидкий, подсушенный, сухой и подстилочный пометы.

Помет натуральной влажности получают от птиц, которые содержатся в клеточных батареях со скребковой или ленточной уборкой без систем подсушки с условиями ежедневной уборки.

Жидкий помет (влажность 85–98 %) является основным видом пометного сырья при содержании птицы в клеточных батареях со скребковой уборкой помета.

Подсушенный помет получают при содержании птиц в клеточных батареях со встроенными воздуховодами с кратностью уборки 1 раз в 5–7 дней.

Сухой помет получают путем быстрой термической сушки жидкого помета в специальных сушилках при 600–800 °С;

Подстилочный помет имеет влажность около 15–40 % и содержит 10 % аммиачного азота. Такой помет получают при содержании птиц на полу на глубокой подстилке различных видов (табл. 1) [1].

Таблица 1

Состав подстилочного помета

Вид подстилки	N	P_2O_5	K_2O
Торф	2,22	2,00	0,78
Опилки	1,60	1,40	0,62
Торф и солома	2,15	1,65	0,68
Солома	2,10	1,60	0,85

Очевидно, что опилки являются хорошим субстратом для получения подстилочного помета.

Химический состав помёта в процентном соотношении представлен в табл. 2 [2].

Таблица 2

Химический состав помета в процентном соотношении

Химический состав помета, %	H_2O	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	SO_3
Куриный	56	1,6	1,5	0,8	2,4	0,7	0,4

Состав питательных элементов во многом зависит от качества корма птиц и их содержания [3].

Жидкий помет содержит:

1) сухого вещества – 5–8 %;

2) азота 0,24 %;

3) фосфора 0,21 %;

4) калия 0,12 %,

в том числе жидкую фракцию:

5) азота – 0,16 %;

6) фосфора – 0,06 %;

7) калия – 0,10 %.

Субстрат содержит большую концентрацию аммония, поэтому необходимо ее снижать путем добавления других видов отходов Обезвреживание ядовитого влияния получается путем повышением температуры и давления в реакторах [4].

В результате можно сделать вывод, что куриный помет очень популярен и является ценным энергетическим веществом. Химический состав очень богат и насыщен минеральными веществами, но в чистом виде – это агрессивная смесь, способная уничтожить почву, поэтому необходима его переработка.

Литература

1. Сафина С.Д. Использование цеолитов для очистки биогаза // Матер. XI Междунар. молод. науч. конф. по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, 2016. С. 233–236.

2.Ахметгалиев И.Ф. Вопросы утилизации органических отходов крупного рогатого скота с получением биогаза // Матер. XIV Междунар. молод. науч. конф. по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола ПГТУ,2019. С. 78–80

3. Кашапова А.Р. Особенности условий хранения биометана // Материалы XI международной молодежной научной конференции по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола ПГТУ, 2016. С. 198–200.

4. Ибадов А.А. Исследование возможностей получения биогаза их отходов молочной продукции // Матер. XII Междунар. молод. науч. конф. по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола ПГТУ, 2016. С. 183–186.

УДК 620.951

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Мустафина Г.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
gulfia999@gmail.com
Науч. рук. Кондратьев А.Е

Рассматривается качество производства биогаза в зависимости от используемых органических отходов и их доступность в Российской Федерации, критерии качества полученного продукта, причина различия свойств биомассы и цикл его производства.

Ключевые слова: альтернативный источник энергии, биогаз, органическое сырье, органические отходы, биореактор.

В настоящее время уделяется особое внимание поиску инновационных решений модернизации теплоэнергетики. Так как традиционные источники при интенсивном использовании расходуются, с течением времени с экономической стороны их применять будет не целесообразно. Поэтому предлагается такой альтернативный источник энергии, как биогаз, который в отличие от других возобновляемых источников энергии не зависит от погоды, сезонности, а установка для получения биогаза может работать в круглосуточном и круглогодичном циклах [1].

Любой полученный продукт зависит от качества используемых материалов, в свою очередь качество биогаза зависит от доступного органического сырья. В связи с этим необходимо провести анализ видов органических отходов с точки зрения энергетической ценности.

Для получения биогаза подходят практически все природные органические материалы. Из-за различия сырья химический состав биогаза тоже различен. Обычно используют сточные воды, отходы пищевой, химической промышленности. В таблице представлена зависимость качества биогаза от исходного сырья [3].

Самым популярным сырьем в РФ является коровий навоз. От одной коровы в год можно получить от 6,6 до 35 т жидкого навоза. Применение коровьевого навоза экономически выгодно, так как нет необходимости добавления микроорганизмов в сырье.

Более сложное производство биогаза протекает из навоза свиней и овец, так как загрузка в биореактор идет в определенных количествах и процесс исключает непрерывный цикл.

Характеристики асинхронного электропривода

Категория сырья	Выход биогаза из 1 тонны базового сырья, $м^3$
Коровий навоз	39…51
Навоз КРС, перемешанный с соломой	70
Свиной навоз	51…87
Овечий навоз	70
Птичий помет	46…93
Жировая ткань	1290
Отходы с мясобойни	240…510
ТБО	180…200
Фекалии и сточные воды	70
Биологические отходы производства сахара	115
Картофельная ботва	280…490
Свекольная ботва	75…200
Овощные отходы	330…500
Зерно	390…490
Трава	290…490
Лен и конопля	360
Овсяная солома	310
Клевер	430…490
Кукурузный силос	250
Мука, хлеб	539
Рыбные отходы	300

Есть определенные трудности со сбором птичьего помета, поэтому его следует перемешивать с навозной жижей от коров. Процесс необходимо постоянно контролировать, потому что данное сырье обладает высокой кислотностью, для чего используется двухстадийная технология реактора гидролиза.

Наблюдается высокий уровень выхода биогаза от растительности. В большинстве случаев используется кукуруза, так как обладает высокой урожайностью. Кукурузный силос, полученный с одного гектара земли, позволяет получить 7800–9100 $м^3$ биогаза. Несмотря на то, что от растительность можно получить биогаз в больших количествах, нет смысла

использовать его, так как экономически не выгодно вкладывать средства на посев. От зерновых культур и овощеводства так же наблюдается высокая экономическая эффективность биогаза [2].

Действительно экономично и экологично использовать свалочный газ, из тонны отходов может быть получено примерно 200 $м^3$ биогаза, кроме этого сокращается поступление вредных веществ, пагубно влияющие на окружающую среду и решается проблема утилизации.

Одним из показателей, характеризующей качество биогаза является влажность сырья: летом она должна составлять 91 %, а в зимнее время года – 86 % [3].

Литература

1. Ахметгалиев И.Ф. Вопросы утилизации органических отходов крупного рогатого скота с получением биогаза // Матер. XIV Междунар. молод. науч. конф. по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, 2019. С. 78–80.

2. Ибадов А.А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства // Матер. XII Междунар. молод. науч. конф. по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, 2017. С. 130–132.

3. URL: https://infourok.ru/statya-biogaz-alternativniy-istochnik-energii-1229451.html (дата обращения: 20.02.2020).

УДК 620.192.4

ВИБРАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Нуретдинов Р. Ш.[1], Гапоненко С.О.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
orient73rus@gmail.com

Актуальной проблемой на сегодняшний день является ускоренная техническая диагностика состояний и свойств технических объектов. Придает актуальность данной проблеме возрастающая сложность технических объектов и систем, а также увеличение потоков данных наблюдения и анализа состояния технических объектов. Под технической диагностикой принимают теории, методы и средства обнаружения и поиска дефектов объектов технической природы. Под дефектом понимается любое отличие

свойств технического объекта от заданных или требуемых. Главной задачей диагностики является повышение надежности технического объекта на разных этапах, производства, эксплуатации и хранения. Существуют различные средства диагностирования, аппаратные или программные, внешними или встроенными, ручными, автоматизированными или универсальными.

Ключевые слова: диагностика, технический объект, метод, дефект, вибродиагностика, измерения, процесс.

Диагностика технических объектов заключается в выявление значимых отличий их состояния во времени, а также изменение реакции исследуемых объектов на зондирующие воздействия. Обобщенный подход к решению диагностических задач имеет информационный характер, и может трактоваться как способ выявления отличия текущего состояния объекта или процесса с опорным (базовым) состоянием. В данном случае, диагностика и информация могут рассматриваться как достаточно близкие понятия.

Наиболее эффективным методом диагностики состояния и повышение надежности технических объектов является вибродиагностика. В процессе диагностики выполняются измерения параметров широкополосной вибрации, так как реальные вибрация являются широкополосными случайными процессами. Такие же характеристики, что и при измерении случайной вибрации используются при измерении акустического шума, который существует в процессе работы различных машин и технических агрегатов.

Виброакустические измерения являются распространенными видами измерений, которые применяются при диагностике сложных объектов, и наряду с температурными измерениями находят применение в телеметрической аппаратуре сбора данных. В таблице представлена классификация объектов контроля и методов вибродиагностики, которая показывает разнообразие диагностируемых объектов.

Использование методов вибродиагностики связано с ключевыми плюсами данного метода. Возникновение и локализация колебаний в местах дислокации повреждений, большая информативность вибраций, возможность нахождения скрытых повреждений, находящихся на ранней стадии, не требует сборки и разборки оборудования, небольшие временные затраты на проведения контроля.

Классификация объектов контроля и методов вибродиагностики

Объект контроля	Современные методы диагностики	Основные диагностические признаки
Элементы конструкции: стержи, балки, диски, и т. д.	Простукивание, динамическое нагружение	Изменение собственных частот, добротности, декремента затухания
Многослойные конструкции, обшивки и т.д.	Локальные свободные колебания	Изменение собственных частот, импеданса
Корпус работающего механизма, трубопроводы, двигатели внутреннего сгорания	Анализ сигнатуры колебаний, сличение спектров, выделение корреляционных функций	Превышение шума над пороговым уровнем, измерение корреляционных и передаточных параметров
Механизм роторного действия, зубчатые передачи и т. д.	Спектральный и кепстральный анализы	Изменение спектральных составляющих и временных характеристик кепстра, появление комбинационных частот
Объект сложной конструкции, летательные аппараты	Экстремальная фильтрация, динамическое нагружение	Изменение амплитуд, форм, собственных частот, подвижности, добротности резонанса

Литература

1. Казаков В.С., Алексеев А.С. Диагностирование и оценка остаточного ресурса эксплуатации теплоэнергетического оборудования // Вестник Брянского государственного технического университета. 2015. № 2 (46). С. 32.

2. Диагностика технологического оборудования: учеб. пособие / Г.С. Кормильцин [и др.]. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2012.

3. Анализ причин отказов оборудования и трубопроводов / В.М. Кушнаренко [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 10 (116). С. 153–159.

4. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2013. 576 с.

5. Батаев В.А. Методы структурного анализа материалов и контроля качества деталей. М.: Флинта, 2007. 224 с.

6. Мобильный комплекс для оперативной диагностики элементов технологической системы / А.Н. Гаврилин [и др.] // Информационно-измерительная техника и технологии: матер. VII науч.-практ. конф. Томск, 2016. С. 216–221.

7. Диагностика технических устройств / Г.А. Бигус [и др.]. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 624 с.

УДК 697.34

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО СЛОЯ НА ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ В ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Рахматулина И.И.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ilsiyar9@mail.ru
Науч. рук. Ильин В.К.

Опыт эксплуатации показал, что теплотрассы с изоляцией из минеральной ваты не обеспечивают по истечению определенного времени сохранение заданных характеристик по теплосопротивлению. В данной работе расчетным методом было исследовано влияние деформации теплоизоляционного слоя на тепловые потери в тепловой сети.

Ключевые слова: диаметр, тепловые потери, тепловая сеть, теплопроводность, деформация.

С целью исследовать влияние деформации теплоизоляции на тепловые потери в тепловой сети были определены:

1. Часовые тепловые потери при среднегодовых условиях работы тепловой сети для надземной прокладки [1]:

$$Q_{\text{норм.п}}^{\text{ср.г}} = \sum\left(q_{\text{р}}^{\text{пр}} L\beta\right); \quad (1)$$

$$Q_{\text{норм.о}}^{\text{ср.г}} = \sum\left(q_{\text{р}}^{\text{обр}} L\beta\right), \quad (2)$$

где $q_{\text{р}}^{\text{пр}}$, $q_{\text{р}}^{\text{обр}}$ – расчетные удельные часовые тепловые потери Вт/м; L – длина трубопроводов на участке, м; β – коэффициент местных тепловых потерь.

Выполним расчет участка «А» при следующих значениях параметров: поправочный коэффициент $k_{\lambda} = 1,3$; диаметр $d = 630$ мм; длина трубопроводов на участке L = 2926 м.

$$Q_{\text{норм.п}}^{\text{ср.г}} = 122,4 \cdot 2926 \cdot 1,15 \cdot 1,3 \cdot 10^{-6} = 0,54 \text{ Гкал/ч};$$

$$Q_{\text{норм.о}}^{\text{ср.г}} = 90,79 \cdot 2926 \cdot 1,15 \cdot 1,3 \cdot 10^{-6} = 0,4 \text{ Гкал/ч}.$$

2. Среднегодовые часовые удельные потери [1]:

$$q = \frac{\pi\left(t^{\text{ср.г}} - t_{\text{возд}}^{\text{ср.г}}\right)}{\frac{\ln\left(d+2\delta\right)/d}{2\lambda_{\text{из}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{из}}\left(d+2\delta\right)}}, \qquad (3)$$

где $\alpha_{\text{из}} = 20$ Вт$/\left(\text{м}^2 \cdot °\text{C}\right)$ – коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к окружающему воздуху; $t_{\text{возд}}^{\text{ср.г}}$ – среднегодовая температура наружного воздуха.

Подставляя в формулу (3) соответствующие числовые значения, получим:

$$q_{\text{р}}^{\text{пр}} = \frac{3{,}14 \cdot \left(70 + 4{,}1\right)}{\frac{\ln\left(0{,}63 + 2 \cdot 0{,}08\right)/0{,}63}{2 \cdot 0{,}072} + \frac{1}{20 \cdot \left(0{,}63 + 2 \cdot 0{,}08\right)}} =$$

$$= 142{,}3 \cdot 0{,}86 = 122{,}4 \text{ ккал}/\left(\text{м} \cdot \text{ч}\right);$$

$$q_{\text{р}}^{\text{обр}} = \frac{3{,}14 \cdot \left(50{,}7 + 4{,}1\right)}{\frac{\ln\left(0{,}63 + 2 \cdot 0{,}08\right)/0{,}63}{2 \cdot 0{,}072} + \frac{1}{20 \cdot \left(0{,}63 + 2 \cdot 0{,}08\right)}} =$$

$$= 105{,}56 \cdot 0{,}86 = 90{,}79 \text{ ккал}/\left(\text{м} \cdot \text{ч}\right).$$

3. Коэффициент теплопроводности теплоизоляционных материалов λ при толщине изоляционного слоя 80, 70 и 60 мм:

$$\lambda = \left[0{,}043 + 0{,}00022 \cdot \left(t_1 + t_2\right)/2\right] k_\lambda =$$

$$= \left[0{,}043 + 0{,}00022 \cdot \left(70 + 40\right)/2\right] \cdot 1{,}3 = 0{,}072 \text{ Вт}/\left(\text{м} \cdot °\text{C}\right).$$

4. Коэффициент деформации теплоизоляционного слоя [2]:

$$k_{\text{д}} = k_\lambda \cdot k_n \cdot k_{\text{увл}}, \qquad (4)$$

где k_n – коэффициент, учитывающий срок эксплуатации труб: от 5 до 7 лет – k_n = 1,3; от 7 до 10 лет – k_n =1,4; от 10 лет и больше – k_n =1,5; $k_{\text{увл}}$ – коэффициент увлажненности теплоизоляционного слоя (в случае, если не было вскрытия $k_{\text{увл}}$ =1).

Вычислим коэффициент деформации теплоизоляционного слоя, подставив в формулу (4) соответствующие числовые значения:

$$k_{\text{д}} = k_{\lambda} \cdot k_{n} \cdot k_{\text{увл}} = 1,3 \cdot 1,3 \cdot 1 = 1,7.$$

5. Часовые тепловые потери при среднегодовых условиях работы тепловой сети для надземной прокладки при учете коэффициента деформации теплоизоляционного слоя, а именно уплотнение изоляции сверху трубопровода и обвисания снизу [2]:

$$Q^{\text{ср.г}} = \sum \left(q_{\text{р}}^{\text{пр}} L \beta \right) k_{\text{д}}. \qquad (5)$$

$$Q_{\text{норм.п}}^{\text{ср.г}} = 122,4 \cdot 2926 \cdot 1,15 \cdot 1,7 \cdot 10^{-6} = 0,7 \ \text{Гкал/ч};$$

$$Q_{\text{норм.о}}^{\text{ср.г}} = 90,79 \cdot 2926 \cdot 1,15 \cdot 1,7 \cdot 10^{-6} = 0,52 \ \text{Гкал/ч}.$$

Полученные результаты занесем в таблицу.

Результаты исследования

Параметр	Значения		Разница, %
	без учета $k_{\text{д}}$	с учетом $k_{\text{д}}$	
$Q_{\text{норм.п}}^{\text{ср.г}}$, Гкал/час	0,54	0,7	23,6
$Q_{\text{норм.о}}^{\text{ср.г}}$, Гкал/час	0,4	0,52	23,1

Вывод

Деформация теплоизоляционного слоя значительно влияет на часовые тепловые потери в тепловой сети. Исследование показало, что разница тепловых потерь с учетом деформации составила 23,3 %.

Литература

1. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. М., 2012. 78 с.

2. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. 32 с.

УДК 697.3: 004.8

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

Сабирова Л.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
leysan.sabirova.97@mail.ru
Науч. рук. Кондратьев А.Е.

Посвящена основным достоинствам внедрения нейронных сетей в индивидуальные тепловые пункты и основным мероприятиям, определяющие высокую эффективность использования нейронных сетей.

Ключевые слова: нейронная сеть, индивидуальный тепловой пункт, автоматическая система управления, удаленное управление, мониторинг состояния системы.

Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) – комплекс устройств, расположенный в подвальном помещении, состоящий из элементов тепловых энергоустановок, обеспечивающих присоединение этих установок к тепловой сети, их работоспособность, управление режимами теплопотребления, преобразование, регулирование параметров теплоносителя и распределение теплоносителя по видам потребителей.

Автоматизированная система управления ИТП предназначена:

– для снабжения автоматизированного режима работы регулирующих клапанов и циркуляционных насосов систем отопления и вентиляции;

– для удаленного контроля и управления по заданным алгоритмам;

– для стабилизации эксплуатационных показателей технологического оборудования и режимных параметров технологического процесса;

– для улучшения качества регулирования технологических параметров;

– для оптимизации эксплуатационной деятельности;

– для обеспечения противоаварийных защит, блокировок и сигнализации.

Автоматизированная система управления индивидуальным тепловым пунктом включает в себя следующие уровни:

1-й уровень – полевые контрольно-измерительные приборы (КИП), шкаф управления электродвигателями технологического оборудования, исполнительные механизмы;

2-й уровень – контроллер системы управления ИТП;

3-й уровень – сенсорная панель оператора с разработанной системой визуализации технологического процесса. Система визуализации представляет собой наглядное графическое представление технологического процесса ИТП.

Искусственными нейронными сетями (НС) в данный момент всё больше начали заинтересовываться. Их внедряют туда, где нужно прогнозирование и управление.

Для предсказания теплопотребления на базе искусственных нейронных сетей можно установить связи между выходными характеристиками системы и входными факторами [1]. Благодаря таким связям можно опережая знать будущие значения параметров и более точно классифицировать данные по параметрам. Также нейронные сети хорошо масштабируются и справляются с так называемым проклятием размерности, не позволяющим моделировать линейные зависимости при большом количестве переменных [2].

Перед подачей на входы нейронной сети все данные изменяются к числовому виду, сеть их перерабатывает и на выходе изображает числовые данные, которые при необходимости могут быть подвергнуты обратному преобразованию.

Внедрения в индивидуальный тепловой пункт автоматизированной системы управления (АСУ) с нейронными сетями позволяет улучшить качество работы, надёжность, контроль качества и предостерегать от аварийных ситуаций [3].

НС могут быть использованы для решения следующих задач:

1. Классификация – разделение данных по параметрам. Например, на вход дается температура наружного воздуха и нужно решить, с какой температурой будет подаваться теплоноситель потребителям на систему отопления и горячего водоснабжения. Эту работу может делать нейронная сеть, рассматривая: расход теплоносителя, время суток, тепловая нагрузка и т. д.

2. Прогнозирование — возможность предвещать следующий шаг. Например, увеличение или уменьшение расхода теплоносителя, на основании годового графика месячных тепловых расходов.

3. Распознавание – в данный момент, самое широкое использование нейронных сетей. Искусственный интеллект распознает, что за параметры он получил и чем его сравнивать [4].

Основные требования к АСУ с нейронной сетью:

– круглосуточная работа в режиме онлайн;

– возможность подключения дополнительного объекта и параметров;

– возможность модернизации;

– простота и удобность для производственного персонала.

Благодаря внедрения АСУ появилась возможность быстро обнаруживать аварийные и предаварийные ситуации в обслуживаемом жилом комплексе. Ещё одно основание экономии является эффективное использование потребляемых ресурсов и сокращение затрат рабочего времени оператора за счет исключения необходимости регулярного посещения объектов.

Решение задачи прогнозирования теплопотребления, повышение надежности, безопасности и качества предоставления услуг по теплоснабжению потребителей – всего этого можно добиться, используя системы на основе искусственных нейронных сетей.

Потенциал использования нейронных сетей не ограничивается только прогнозированием и профилированием, нейронные сети могут применяться для анализа технического состояния и оценки надежности теплогенерирующего оборудования, диагностики и локализации аварийных ситуаций, оптимизации распределения нагрузки и для решения других технологических и экономических задач, стоящих перед теплоэнергетическими компаниями.

Применение НС открывает следующие возможности:

1) создание гибкого графика теплоподачи;

2) настройка индивидуальных систем отопления и режимов работы (сон, работа, бодрствование);

3) удаленное управление;

4) мониторинг состояния системы;

5) энергоэффективные технологии.

Литература

1. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс. М.: Вильямс, 2008. 1103 с.

2. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. М.: РиС, 2015. 496 с.

3. Сабирова Л.Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе // «Тинчуринские чтения»: тез. докл. XIII молод. науч. конф. Казань, 2018. Т. 2. С. 203–356.

4. Смирнова М.В. Теоретические основы теплотехники. Волгоград: Ин-Фолио, 2010. 270 с.

5. Автоматизированная система управления ИТП жилых домов [Электронный ресурс]. URL: http://isup.ru/articles/5/2953/ (дата обращения: 11.03.2020).

УДК 697:[621.311.243:523.34]

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ОБИТАЕМОЙ ЛУННОЙ БАЗЕ

Сергеева Д.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
diana_ag@mail.ru
Науч. рук. Кондратьев А.Е.

Активное развитие космической техники и борьба за освоение Луны актуализирует её колонизацию с целью использования лунных природных ресурсов, однако создать комфортные условия для жизнедеятельности человека достаточно сложно. В итоге проблема организации обитаемой станции на Луне является актуальной.

Ключевые слова: источник тепловой энергии, солнечный коллектор, тепловой коллектор, развитие космических технологий.

Целью исследования является разработка конструкции жилой станции, поддерживающей комфортные условия для жизнеобеспечения экипажа, под лунным грунтом.

Создание нормальных климатических условий для экипажа является главной задачей. Для успешного выполнения данной цели необходимо учесть перепады температуры, которые колеблются от +127 до –173 °С, а также то, что атмосфера на луне отсутствует. Помимо этого, следует не забывать, что есть радиационные и метеоритные проблемы [1]. Предлагается конструкция из жилого и научно-исследовательского комплекса, которая будет находиться под реголитом на глубине 1 м, обеспечивающая благоприятные условия, так как температура на такой глубине постоянная и составляет –31 °С [2].

Слой базальта защищает от космической радиации и метеорных частиц [3]. Также базальт обеспечивает достаточную теплоизоляцию жилых и рабочих помещений [4]. В качестве источника тепловой энергии применяется тепловая энергия солнца, а солнечный коллектор обеспечит нам нужную температуру. Проблема обеспечения тепловой энергией в ночное время также решаема. Для этого предлагается использовать тепловой коллектор [5], расположенный под лунным грунтом, а в качестве теплоносителя обычную воду. Помимо этого, вода будет использоваться для нужд экипажа.

Для нагрева одного литра воды на 1 °С нужно приблизительно 1,16 Вт/ч энергии. Вода, как теплоноситель, нагревается до 90 °С. Для нагрева 1000 л воды за один час тратится 104,4 кВт солнечной энергии.

Теплопотери в помещении определяются по формуле:

$$Q = \frac{S \times T}{R},$$

где Q – теплопотери, Вт; S – площадь, м^2; R – теплосопротивление, (м^2·°С)/Вт; T – разница температур между внутренним и наружным воздухом.

Тогда для помещения в 100 м^2 тепловые потери Q = 2428,571 Вт.

Таким образом, без учета тепловыделений, указанное помещение приведенным запасом тепловой энергии может обогреваться около 42 ч.

Запасы воды из-за сильных перепад температур она не могут находиться на поверхности Луны. Применяя воду в качестве теплоносителя под лунным грунтом, решается вопрос хранения ее запасов на Луне. Для создания резервуаров хранения воды под лунным грунтом предлагается использовать естественные лунные пещеры. При необходимости форма и объем корректируются искусственной обработкой ее стен.

В итоге предлагаемая система теплоснабжения позволяет обеспечить комфортные и безопасные условия для людей, а также решить проблему хранению значительных запасов питьевой и технологической воды, что способствует успешному освоению лунной поверхности.

Литература

1. Сурдин В.Г. Путешествия к Луне. М.: «Физико-математическая литература» МАИК «Наука/Интерпериодика», 2009. С. 55–62.

2. Заболоцкий М. Температура на луне [Электронный ресурс]. URL: http://spacegid.com/ (дата обращения: 22.03.2020).

3. Черкасов И.И., Шварев В.В. Грунт луны. М.: Наука, 1975. С. 14–19.

4. Сергеева Д.В., Кондратьев Е.А. Возможность жизнедеятельности на луне / «Тинчуринские чтения»: тез. докл. XIV молод. науч. конф. Казань, 2019.

5. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Энергетическое обеспечение жилого комплекса под лунным реголитом / XXIII Всерос. аспирантско-магистерский науч. семинар: тез. докл. Казань, 2019.

УДК 620.192.45

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Тазитдинов Р.Р., Гапоненко С.О.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
atfir@mail.ru

Сегодня рынок представлен огромным количеством разнообразных трубопроводов, с различными диаметрами и материалами (чугунные, полиэтиленовые, асбестоцементные). Для каждого вида труб разработан свой контроль технического состояния, но на сегодняшний день нет универсального прибора, который бы определял техническое состояние независимо от диаметра и материала исследуемого трубопровода. Для решения этой задачи был изобретен и запатентован информационно-диагностический комплекс для контроля технического состояния трубопроводов (патент на изобретение RU № 2713563). Данное техническое решение позволяет проводить исследования, особенностью которых является возможность имитации давления грунта на стенку трубопровода.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, теплоэнергетическое оборудование, измерительно-диагностический комплекс, повышение надежности функционирования, трубопровод.

Для осуществления методики контроля технического состояния трубопроводов был собран информационно-диагностический комплекс (рис. 1) [1].

Чувствительные элементы *15* устанавливают на опоры с фиксаторами *2*, где создается известное давление грунта на стенки трубопровода [2]. Генерация резонансной частоты, обработка виброакустических сигналов, регистрируемых чувствительными элементами, запись происходит виртуальным прибором, разработанным в среде графического программирования «G» (LabVIEW) [3].

Прибор предназначен для определения технического состояния трубопроводов в реальном режиме времени [4].

В приборе реализованы решения следующих задач:

– генерация резонансной частоты;

– возможность поиска и регистрации резонансной частоты;

– запись полученного спектра в файл формата «.txt» с возможностью дальнейшего сравнения и анализа полученных результатов.

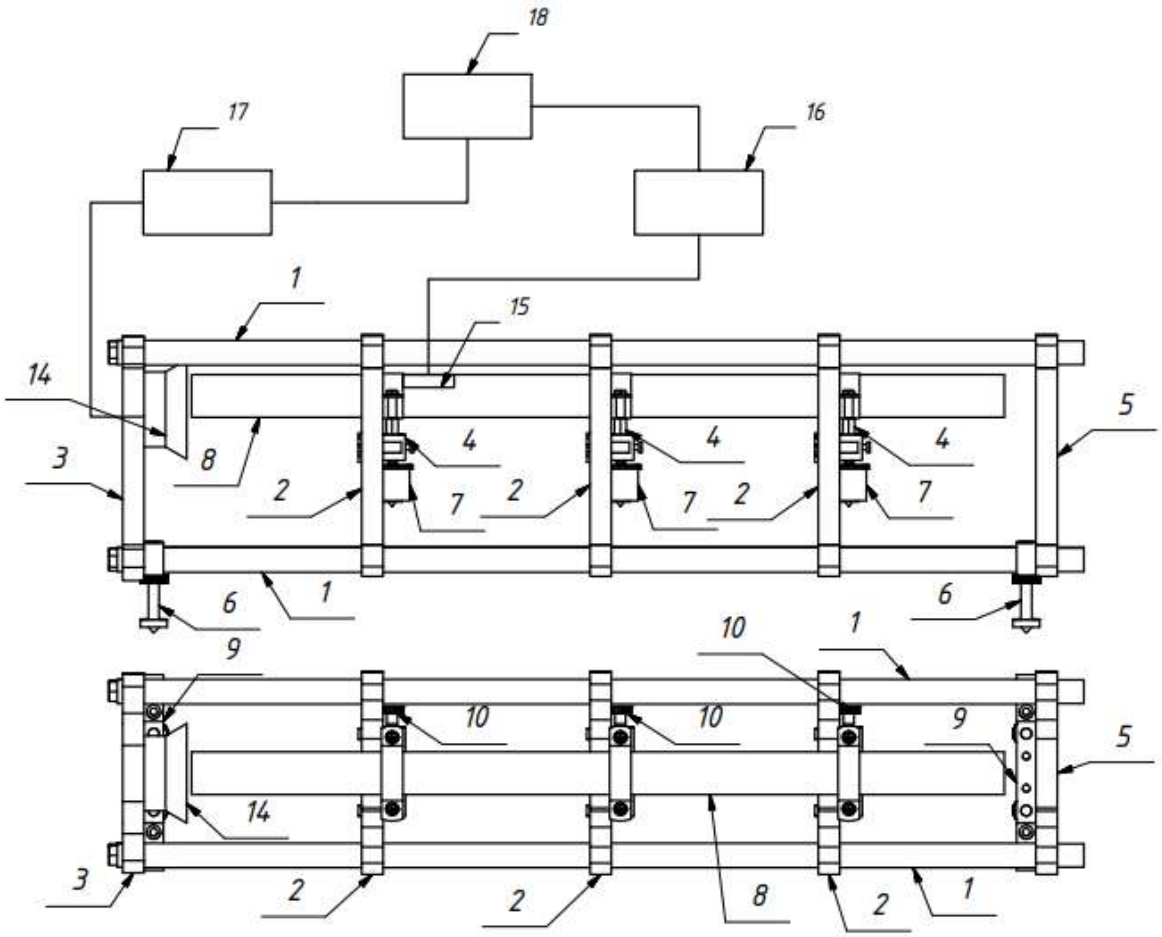


Рис. 1. Информационно-диагностический комплекс для контроля технического состояния трубопроводов: *1* – направляющая; *2, 5* – опоры с фиксатором; *3* – опора с акустическим излучателем; *4* – фиксатор; *6* – ножка; *7* – регулятор высоты; *8* – исследуемая труба; *9* – основание с ножками; *10* – регулятор фиксатора; *11* – болт фиксатора; *12* – зажимной болт фиксатора; *13* – гайка крепления ножки; *14* – акустический излучатель; *15* – чувствительный элемент; *16* и *17* – аналого-цифровой (АЦП) и цифро-аналоговой (ЦАП) преобразователи; *18* – персональный компьютер (ПК)

На рис. 2 показана фронтальная панель прибора: *1* – генератор резонансной частоты, с возможностью изменения частоты генерации в 1 Гц; *2* и *3* – каналы записи чувствительного элемента; *4* – выстраивает запись в один спектр; *5* – запись результатов эксперимента для дальнейшего исследования; *6* – частота дискретизации и количество каналов записи [5].

Рис. 2. Фронтальная панель прибора для определения технического состояния трубопроводов

Литература

1. Тазитдинов Р.Р., Гапоненко С.О. Разработка измерительно-диагностического комплекса для повышения надежности функционирования энергетического оборудования // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. С. 179–182.

2. Гапоненко С.О. Акустико-резонансный информационно-измерительный комплекс и методика контроля местоположения заглубленных трубопроводов: автореф. … дис. канд. техн. наук. Казань, 2017. 16 с.

3. Гапоненко С.О. Варианты регистрации и анализа полезного виброакустического сигнала в программном продукте LabVIEW // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2014. № 5 (44). С. 8–15.

4. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Ибадов А.А. Усовершенствование акустико-резонансного метода и разработка информационно-измерительного комплекса контроля местоположения трубопроводов // Электроэнергетика глазами молодежи – 2018: матер. IX Междунар. молод. науч.-техн. конф. Казань, 2018. С. 245–248.

5. Гапоненко С.О. Измерительно-диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2013. № 3-4. С. 138–141.

УДК 620.9

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Трунов Д.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
deckhodesza@gmail.com
Науч. рук. Валиев Р.Н.

Рассмотрены вопросы, касающиеся анализа гидравлических режимов тепловых сетей и причин, вызывающих нарушение гидравлических режимов.

Ключевые слова: гидравлический режим, тепловые сети, пьезометрический график, температурный график.

Вопрос обеспечения и поддержания требуемого гидравлического режима в тепловых сетях является актуальным, так как его несоблюдение приводит к разбалансировке выработки и отпуска теплоты, что отрицательно сказывается на режимах работы тепловых источников и потребителей.

Гидравлические режимы тепловых сетей определяют расходы и давления теплоносителя в теплопроводах в статическом (без движения теплоносителя) и динамическом (при движении теплоносителя) состоянии [1]. Вода, обладающая большой плотностью, оказывает значительное давление на трубы и оборудование, поэтому при расчетах тепловых сетей это давление необходимо определять и сравнивать с допустимыми значениями.

При изучении гидравлических режимов применяют пьезометрические графики, на которые наносят рельеф местности по разрезам вдоль тепловых трасс, высоту присоединяемых зданий, напор в подающих и обратных линиях теплопроводов, располагаемые и срабатываемые перепады [2].

Исследование гидравлических режимов основывается на выявлении отклонений от оптимальных или нормируемых значений [3]. Для проведения исследования определяются объекты, на которых есть возможность

сбора данных о параметрах теплоносителя и доукомплектовываются объекты, на которых такой возможности нет. После сбора и обработки фактических данных строятся необходимые графические зависимости и выявляются места с отклонениями параметров теплоносителя от нормируемых значений. Причины отклонений параметров могут быть вызваны разными причинами: плохим качеством используемого теплоносителя, недостаточным проходным сечением трубопроводов, недостаточным открытием арматуры, изношенной теплоизоляцией, сбоями в работе автоматизированной системы контроля и другими.

Анализ фактического давления и температуры в тепловой сети проводится при помощи построения пьезометрических и температурных графиков с привязкой к высотным отметкам земли и с учетом высот подключенных зданий [4]. По результатам анализа пьезометрических и температурных графиков определяются места, в которых нарушены гидравлические и тепловые режимы и вносятся изменения, повышающие эффективность эксплуатации тепловых сетей.

При проведении исследования была поставлена следующая цель: выполнить расчетное исследование гидравлического и теплового режима работы нескольких «кустов» распределительных тепловых сетей с ответвлениями, обеспечивающих тепловой энергией потребителей городского жилищно-коммунального хозяйства, выявить нарушения гидравлического и теплового режима, рассмотреть мероприятия, устраняющие выявленные нарушения (при их наличии). В качестве программы, моделирующей работу тепловых сетей, использован ПРК Зулу-Термо.

Потери напора при движении теплоносителя по трубопроводам в ПРК Зулу Термо определяются по формуле:

$$H_{\text{уч}} = S_{\text{уч}} \cdot \left(\frac{G_{\text{уч}}}{\rho} \right)^2,$$

где $G_{\text{уч}}$ – расход теплоносителя на участке тепловой сети, т/час; $S_{\text{уч}}$ – приведенное сопротивление участка трубопровода, м/(т/час)^2; ρ – плотность теплоносителя, кг/м^3.

Полученные результаты. При расчете с учетом тепловых потерь на количество теплоты получаемой потребителем будет оказывать влияние не только гидравлический режим работы системы теплоснабжения,

но и потери теплоты от источника до выбранного объекта. При расчете без учета тепловых потерь на количество теплоты получаемой потребителем будет влиять только гидравлический режим работы тепловой сети, чем больше будет располагаемый напор на потребителе, тем выше будет температура внутреннего воздуха в не оборудованных авторегуляторами отапливаемых зданиях. При выборе температурного графика потребителя, находящегося в наихудших условиях работы, потребители без авторегуляторов, находящиеся вблизи от источника и имеющие минимальные тепловые потери в тепловых сетях, будут получать избыточное количество теплоты. Результаты исследования указывают на необходимость применения авторегуляторов у всех потребителей.

При выборе потребителя, для которого производится расчет температурного графика в ПРК Зулу Термо рекомендуется выбирать самого плохого, с точки зрения теплогидравлического режима, потребителя или потребителя характеризующего основную массу зданий рассматриваемого «куста» теплоснабжения. Более достоверный результат может быть получен при сравнении температурных графиков всех потребителей и их сопоставлении.

Литература

1. Сикерин И.Е., Голяк С.А. Влияние гидравлического режима сети теплоснабжения на тепловую устойчивость абонентов // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2010. № 2. С. 20–22.

2. Пашенцева Л.В. Влияние нарушения гидравлической устойчивости на надежность теплоснабжения // Строительство и техногенная безопасность. 2012. № 44. С. 85–88.

3. Минко В.А., Семиненко А.С., Елистратова Ю.В. Допущения и предпосылки методов гидравлического расчета систем отопления // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 114–118.

4. Стерлигов В.А., Мануковская Т.Г., Крамченко Е.М. Системы водяного теплоснабжения и отпуск теплоты // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2012. № 12 (132). С. 60–63.

УДК 697.34:004.8

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Тухватулина Д.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
dianatukhvatulina@mail.ru
Науч. рук. Ваньков Ю.В.

Рассматриваются различные методы снижения тепловых потерь, а также мероприятия для прогнозирования повреждений и оценку надежности тепловых сетей. Рассмотрены причины, влияющие на повреждения трубопроводов и методы для защиты труб тепловых сетей.

Ключевые слова: тепловые сети, тепловые потери, горячее водоснабжение, центральный тепловой пункт, индивидуальный тепловой пункт, коррозия.

Во многих научных источниках представлены различные подходы к снижению тепловых потерь. К основным методам снижения теплопотерь относятся:

– периодическая диагностика и мониторинг систем отопления;

– осушение каналов;

– замена старых и наиболее часто повреждаемых участков тепловых сетей;

– очистка водостоков;

– восстановление антикоррозионных, тепло- и гидроизоляционных покрытий в доступных зонах;

– повышение pH воды (деаэрация);

– качественная очистка подпиточной воды;

– организация электрохимической защиты трубопроводов;

– ремонт гидроизоляции стыков плит перекрытий;

– вентиляция каналов и камер;

– установка сильфонных компенсаторов;

– использование усовершенствованных трубных сталей и неметаллических трубопроводов;

– усиление надзора при проведении аварийно-восстановительных работ административно-техническими инспекциями;

– перевод потребителей из центральных тепловых пунктов (ЦТП) в индивидуальные тепловые пункты (ИТП).

Необходимо проводить профилактические мероприятия, а именно: прогнозирование повреждений и оценку надежности тепловых сетей (ТС) на основе статистических методов, обеспечивать безопасную эксплуатацию трубопроводов пара и горячей воды, необходимо принимать проектно-строительные, организационные и контрольные меры.

Проектно-строительные решения, направленные на обеспечение безопасной эксплуатации оборудования, включают выбор схемы трубопровода, его конструкции, способа прокладки трубопроводов и систем дренажа, размещение опор, запорной арматуры и др., проведение расчетов на прочность и компенсацию тепловых удлинений.

Организационные мероприятия включают регистрацию трубопроводов, их периодический технический осмотр, испытания на прочность и плотность, обучение, аттестацию и систематическую проверку знаний обслуживающего персонала, ведение технической документации и другие мероприятия по обеспечению безопасной эксплуатации трубопроводов и их ремонта.

Контрольные мероприятия осуществляются с использованием контрольно-измерительного оборудования, запорной и регулирующей арматуры, которые должны располагаться на трубопроводах в местах, доступных для технического обслуживания, оборудованных площадками, лестницами или иметь дистанционное управление.

Контроль за состоянием ТС должен осуществляться, начиная с момента их приема в эксплуатацию. Система контроля предусматривает создание методов оценки, приборов и средств, позволяющих определять параметры технического состояния и их соответствие нормативным характеристикам.

Основной причиной, влияющей на повреждение трубопроводов и чрезмерные потери, является наружная и внутренняя коррозия тепловых сетей и горячего водоснабжения (ГВС). Доля сетей ГВС составляет более 20 % от общей протяженности магистральных и распределительных сетей с уровнем износа более 70 %.

Во избежание внутренней коррозии необходимо исключить все места всасывания воздуха, для чего следует поддерживать избыточное давление не менее 0,05 МПа в трубопроводах и подпитывать только деаэрированной водой.

Для защиты труб ТС от наружной коррозии используются следующие методы:

– пассивная защита изолирующими антикоррозионными покрытиями, защищающими стальные трубы от внешних воздействий;

– активная (электрическая) защита, при которой значения защиты потенциалов по отношению к окружающей среде создаются на поверхности стальных труб.

Одним из проверенных способов повышения эффективности теплоснабжения является вывод из эксплуатации ЦТП и сетей ГВС, а также передача функций «приготовления» горячей воды потребителю путем установки ИТП с индивидуальными водо-водяными подогревателями (ИВВП) в многоквартирных домах. В последние годы строительство новой серии домов с подвальными помещениями и производство бесшумных центробежных насосов способствуют переходу во многих случаях на проектирование ИТП и повышению надежности ГВС.

Литература

1. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения: монография. М.: Новости теплоснабжения, 2008. 448 с.

2. Смирнова М.В. Теоретические основы теплотехники: учеб. пособие. Волгоград: Ин-Фолио, 2010. 270 с.

3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Издательство МЭИ, 2001. 472 с.

УДК 621.548(470.41)

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Федотова А.О.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nastya2505fedotova@mail.ru
Науч. рук. Кондратьев А.Е.

Представлены основные сведения о ветроэнергетике и ее использовании в мировой практике, рассмотрена целесообразность строительства ветроэнергетических установок в Республике Татарстан.

Ключевые слова: нетрадиционные источники энергии, ветроэнергетическая установка, роза ветров, ветродвигатель, ветропотенциал.

В современном мире энергетика является одной из основных отраслей народного хозяйства, существование которой тесно связано с использованием различных углеводородов. Углеводородное топливо

помимо своих достоинств, таких, как распространенность и относительная дешевизна, имеет ряд недостатков: невозобновляемость данных ресурсов и негативное влияние их сжигания на окружающую среду. Именно поэтому все большее распространение начинают получать нетрадиционные источники энергии, одним из которых является энергия ветра.

Ветер, возникающий из-за неравномерного нагрева земной поверхности солнцем, имеет огромный энергетический потенциал. Поскольку энергия движущихся воздушных масс напрямую зависит от направления и скорости ветра, для эффективного его освоения необходимо выбрать правильное место для установки ветроагрегата. К таковым относятся степи и побережья морей, океанов и рек, где из-за большой разности температур на границе суши и воды появляются сильные ветры.

Принцип действия ветродвигателей: ветроколесо с лопастями под напором ветра вращается, передавая крутящий момент через систему передач валу генератора, вырабатывающего электроэнергию. Выработанная энергия напрямую зависит от захватываемого воздушного потока, а значит, от диаметра ветроколеса, насаженного на вал.

Конструктивно ветродвигатели бывают:

1) крыльчатые (наибольшая эффективность достигается при перпендикулярном направлении потока воздуха к плоскости вращения лопастей, для ее повышения требуется устройство автоматического поворота оси вращения);

2) карусельные (способны работать при любом направлении ветра);

3) ортогональные (в настоящее время находятся на стадии доработки; для самостоятельной работы необходимо обеспечить начальный подвод энергии).

Существуют две основные конструкции ветроэнергетических установок: с вертикальной и горизонтальной осью вращения ротора.

Первые представляют собой вертикальную ось с насаженным на нее колесом с приемными поверхностями для ветра. В них используются многополюсные электрогенераторы, работающие на малых оборотах и позволяющие применять простые электрические схемы. Они работают при любом направлении ветра, тихоходны, что обеспечивает низкий уровень шума, однако они имеют малый период вращения и малый КПД. Второй вид более распространен в настоящее время и представляет собой турбину, как правило с тремя лопастями. Такая система устанавливается в наиболее выгодное положение в потоке ветра с помощью крыла-стабилизатора [1].

Преимущества ветроэнергетики: возобновляемость, экологическая чистота, экономичность в процессе работы, возможность использования прилегающих территорий для сельского хозяйства. Недостатки: высокие инвестиционные затраты, непостоянство и зависимость от силы и направления ветра, изменение существующей в данном регионе розы ветров, негативное влияние на птиц и насекомых, шум [2].

Ветроэнергетика, будучи одним из основных видов альтернативной энергетики, широко распространена в мире по двум причинам: ветер, как источник энергии, является неиссякаемым и абсолютно бесплатным; отсутствуют другие энергоресурсы, с помощью которых возможно получение электроэнергии. Большое внимание к развитию ветроэнергетики уделяется в странах Европы, США и Китае, где предприятиям данной сферы оказываются различные льготы. Лидерами среди европейских стран являются Германия, Испания, Дания [3].

В России, несмотря на обладание огромными запасами углеводородов, ветроэнергетике ежегодно уделяется все большее внимание. Ввиду большой площади и расположению в различных климатических зонах Россия имеет хороший потенциал для использования ветроэнергетических установок, прежде всего в прибрежных территориях Северного Ледовитого океана, Черного, Каспийского и Азовского морей, острова Сахалин, полуострова Камчатка, а также внутренних территориях страны от Волги и Дона до Карелии, Алтая и Тувы.

Республика Татарстан благодаря наличию водоемов и равнинной местности также имеет хороший ветропотенциал. На территории республики имеются пункты со средней скоростью ветра за год порядка 3,4–5,5 м/с (на высоте 8–12 м).

Выявление районов, экономически целесообразных для строительства ветроэнергетических установок, осуществляется на основе данных Гидрометцентра, аэропортов, Всемирного агентства по возобновляемым источникам энергии, глобальной карты ветров и так далее. В соответствии с ними на территории республики Татарстан наиболее пригодными для ветроэнергетики являются Камско-Устьинский, Рыбно-Слободский и Спасский районы. Это решение обусловлено их близостью к Куйбышевскому водохранилищу. Под данный параметр подходит также Лаишевский район, однако наличие аэропорта «Казань» осложняет возможность установки и эксплуатации ветропарка. Немаловажным критерием является близость сетевой и дорожной инфраструктуры, отсутствие жилых зданий и социальных объектов, а также особо охраняемых природных территорий [4].

По данным исследований благоприятный энергетический потенциал располагается в следующих районах Татарстана: наибольшие показатели в Спасском районе (село Измери), далее в Рыбно-Слободском (село Малая Елга) и в Камско-Устьинском (село Красновидово).

Литература

1. Основы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Я. Федянин [и др.]; под ред. В.Я. Федянина. Барнаул: ООО «МЦ ЭОР», 2018. С. 93–98.

2. Нечаев И.С., Шонина Д.Е. Особенности и проблемы развития ветровой энергетики // Молодой ученый. 2019. № 15. С. 44–46.

3. Захарова В.Е. Перспективы использования ветроэнергетических установок в России и за рубежом // Матер. XII Междунар. молодеж. науч. конф. по естественнонаучным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, 2017. С. 129–130.

4. Палуку Д.Л., Тимербаев. Н.Ф. Перспективы развития ветроэнергетики в Республике Татарстан // Возобновляемые источники энергии: матер. Всерос. науч. конф. с междунар. уч-м и XI науч. молод. шк. Москва, 2018. С. 292–298.

УДК 620.9

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

Хакимова Р.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

railya.xakimova@mail.ru

Науч. рук. Загретдинов А.Р.

В настоящее время энергосбережение – одна из основных целей энергетической политики во многих странах. На сегодняшний день много домов, которые относятся к старому фонду жилья и являются неэнергоэффективными, поэтому ставится вопрос об их модернизации. В работе рассмотрены виды модернизации.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоемкость, энергоэффективность.

Для уменьшения потребления энергии в зданиях необходимо в первую очередь использовать общие фундаментальные правила энергоэффективности, а затем инновационные варианты энергоснабжения, в том числе применение возобновляемых источников энергии [1]. К традиционным вариантам снижения энергопотребления в зданиях можно отнести следующие мероприятия:

– снижение тепловых потерь здания через ограждающие конструкции;

– модернизация существующих энергетических систем или замена их на более эффективные.

Для снижения энергоемкости здания в первую очередь необходимо снизить его тепловые потери. В случае существующего здания это означает улучшение качества ограждающих конструкций здания через реконструкцию и тепловую модернизацию. Тепловая модернизация обычно осуществляется путем облицовки здания, добавлением теплоизоляции к внешней поверхности ограждающих конструкций. Очень часто окна меняются с одинарного остекления на двойное или даже тройное с наполнением благородным газом. Могут быть использованы внешние жалюзи на окнах. Система вентиляции может работать более эффективно благодаря модернизации вентиляционных каналов и внедрению пассивного отопления.

Правильные архитектурно-строительные решения являются первым шагом в обеспечении энергоэффективности зданий. Потребление тепловой энергии зданием зависит от его расположения и формы, структуры используемых материалов, расположения и размеров окон (остекленных поверхностей). Принимаемые архитектурно-строительные решения должны быть сделаны в соответствии с существующими правилами, стандартами и строительными нормами, которые ориентированы на обеспечение низких энергетических потерь.

Когда потребление энергии уменьшается благодаря правильным архитектурно-строительным решениям, можно предпринять следующий шаг.

Расход энергии зависит от типа, конструкции и способа эксплуатации инженерных систем, установок и устройств. Снижение конечного энергопотребления может быть достигнут путем улучшения работы систем отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования. Могут быть модернизированы или заменены на новые отдельные элементы этих систем.

Эффективность инженерных систем строго связана с режимом их работы. Например, система отопления не должна работать непрерывно. Время работы системы зависит от образа жизни жителей и их индивидуальных требований к тепловому комфорту.

Для повышения энергоэффективности инженерных систем рекомендуется проводить следующие мероприятия:

– установка общедомовых приборов учета тепловой энергии;

– установка автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов с узлом управления для регулирования подачи теплоносителя в систему отопления в зависимости от погодных условий;

– использование балансировочных клапанов на стояках систем отопления, которые способствуют равномерному распределению теплоносителя по зданию;

– применение терморегуляторов (термостатов) для обеспечения комфортной температуры воздуха внутри помещений [2].

Использование автоматизированных систем допускает контролировать и регулировать такие параметры, как коэффициент смешения, расход и температуру теплоносителя [3].

Для конечных пользователей очень важно иметь возможность измерять и контролировать использование энергии в здании. Они могут выключить некоторые устройства, изменить некоторые параметры работы системы, например, снизить температуру теплоносителя в системе отопления помещений, когда это требуется (например, когда дома никого нет).

В настоящее время люди заинтересованы в сокращении конечного потребления энергии, потому что это означает снижение их расходов на электроэнергию и отопление.

Литература

1. Чведук Дорота А. На пути к современным вариантам энергосбережения в зданиях [Электронный ресурс]. URL: https:// www.journals. elsevier.com/renewable-energy (дата обращения: 13.02.2020).

2. Альбом энергоэффективных систем энергоресурсообеспечения объектов жилищно-коммунального сектора // Национальный доклад «Теплоснабжение Российской Федерации. Пути выхода из кризиса». М.: ЗАО «Фабрика Офсетной Печати», 2014.

3. Клетченко Е.В. Применение современных инженерных решений для повышения энергоэффективности систем отопления и вентиляции в гражданских зданиях: магистерская дис. СПб., 2016.

УДК 697.328

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТОГО ВОДЯНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Хворысткина А.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Науч. рук. Ваньков Ю.В.

Представлены результаты численного моделирования течения воды в каналах пластинчатого водяного теплообменника при помощи CFD. Изменение эффективности водяного теплообменника достигается путем изменения формы канала, образованного пластинами, что влечет за собой изменение степени турбулизации потоков воды в пространстве между пластинами и увеличивает их коэффициенты теплоотдачи.

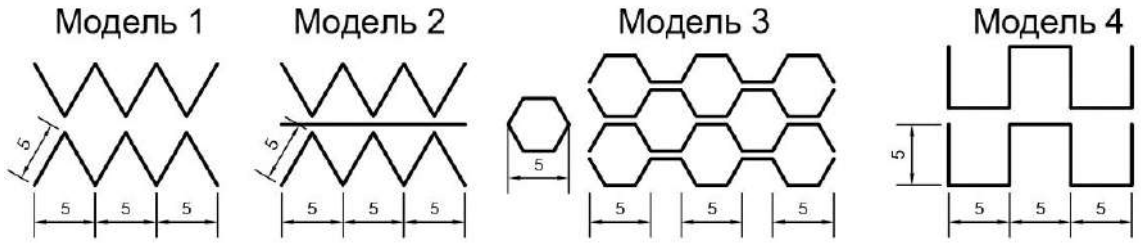
Ключевые слова: пластинчатый теплообменник, водяной теплообменник, теплообмен, численное моделирование, температурная эффективность.

В данной работе применяется метод CFD для исследования гидродинамических свойств и теплопередающих характеристик [1, 2] в пластинчатом водяном теплообменнике при некоторых выбранных конфигурациях форм теплопередающих пластин.

Пластинчатый теплообменник является устройством, где главным элементом является связка теплопередающих пластин. Данные поверхности имеют сложную структуру, поэтому их эффективность является результатом совместной работы многих конструктивных решений [3]. В зависимости от производителя форма канала, образованного пластинами, будет отличаться. В данной работе рассматривается влияние данного аспекта на эффективность теплопередачи.

При численном моделировании использовалась модель течения жидкости *laminar*. Постоянными величинами принимались: плотность $\rho_0 = 992$ кг/м^3, теплоемкость воды $c_p = 4182$ Дж/(кг · К), динамическая вязкость $\mu = 72{,}5 \cdot 10^{-5}$ Па · с, коэффициент теплопроводности $\lambda = 0{,}625$ Вт/(м · К). Толщина пластин 1 мм, по одной половине каналов подается холодная вода, по другой – горячая вода. Длина аппарата и каналов 0,1 м, ширина каждого канала 5 мм; шероховатость поверхности пластин принята 1,25 мкм (алюминий); скорость движения воды на входе в каждый канал равномерна и составляет 0,05 м/с; внешние стенки каналов – адиабатические; внутренние стенки имеют коэффициент теплопроводности $\lambda_A = 202$ Вт/(м · К); температуры на входе в каналы холодной воды 278 К (5 °С), на входе в каналы горячей воды 403 К (130 °С).

Задача решалась в трехмерной постановке. Было рассмотрено четыре варианта форм теплопередающих пластин (см. рисунок). Сформулированы граничные условия, на основе которых были рассчитаны температурная эффективность E_t и коэффициенты местных сопротивлений ζ для каждой модели теплообменника.



Четыре варианта форм теплопередающих пластин

Температурная эффективность рассчитывается по формуле:

$$E_t = \frac{t_{\text{под}} - t_{\text{хол}}}{t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{под}}$, $t_{\text{хол}}$ и $t_{\text{гор}}$ – температуры подогретой, холодной и горячей воды, °С.

По усредненным расчетным значениям потерь полного давления в каналах горячей и холодной воды находится коэффициент местных сопротивлений аппарата:

$$\zeta = \frac{\Delta P_{\text{п}}}{\Delta P_{\text{д}}}, \quad (2)$$

где $\Delta P_{\text{п}}$ – осредненное значение перепада полного давления, Па; $P_{\text{д}}$ – величина динамического давления, Па:

$$P_{\text{д}} = \frac{\rho v^2}{2}, \quad (3)$$

где ρ и v – соответственно плотность и скорость воды на входе в каналы.

Модель 1. Теплообменник с зигзагообразными пластинами. По формулам (1) и (2) были найдены: температурная эффективность E_t = 7,9 % и коэффициент местного сопротивления ζ = 22,3.

Модель 2. Конструкция водяного теплообменника та же (см. модель 1). Отличие заключается в том, что между зигзагообразными пластинами помещены гладкие: E_t = 38,2 %, ζ = 28,99.

Модель 3. Пластины теплообменника имеют структуру «сот»: E_t = 21 %, ζ = 7,9.

Модель 4. Пластины имеют квадратную структуру: E_t = 19,64 %, ζ = 4,58.

Исходя из результатов исследования, можно сделать выводы о том, что эффективность во многом зависит от формы поверхности смежных пластин и повышается при уменьшении сечений каналов теплообменника, но при этом следует учитывать значения коэффициента местного сопротивления. Из рассмотренных вариантов наиболее рациональной является модель *2*, так как в ней достигается больший рост эффективности применения данной формы пластин и каналов при умеренном возрастании коэффициента местного сопротивления.

Литература

1. Павловский В.А., Никущенко Д.В. Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы: учеб. пособие. М.: Лань, 2018. 368 с.

2. Roache P.J. Computational fluid dynamics. Albuquerque: Hermosa Publs., 1976. 446 p.

3. Банных О.П. Основные конструкции и тепловой расчет теплообменников: учеб. пособие. СПб.: СПбНИУ ИТМО, 2012. 42 с.

УДК 621.577

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРОКОМПРЕССИОННОГО ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРА НА РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

Е.В. Храмова[1], Д.С. Музюкова[2]

[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]lenochka-0402@mail.ru,[2]diana7035@yandex.ru

Науч. рук. Плотникова Л.В.

Рассмотрены парокомпрессионные термотрансформаторы как объект для комплексной утилизации вторичных энергоресурсов. Выявлены основные источники низкопотенциальной тепловой энергии на различных объектах и наиболее целесообразное использование.

Ключевые слова: парокомпрессионный термотрансформатор, вторичные энергоресурсы, энергоэффективность, топливно-энергетические ресурсы.

Основной предпосылкой для популяризации идеи рационального энергопотребления является исчерпаемость природных топливно-энергетических ресурсов. Вариативность тарифов лишь подчеркивает необходимость снижения зависимости энергетического комплекса страны от внешних ценообразующих факторов. Своевременные законодательные меры, а также развитие соответствующей научно-технической базы для применения энергоэффективных решений характеризует политику стран, ориентирующихся на долгосрочное стабильное развитие.

Значительным событием в государственной политике энергосбережения в России стал Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», подписанный 23 ноября 2009 г. Закон одновременно придал импульс разработке различных региональных и муниципальных программ по энергосбережению, но также выявил проблемы и препятствия в реализации поставленных к 2020 г. количественных целей [1].

Уровень энергосбережения у потребителя следует привести к некоему рациональному значению, которое с одной стороны будет обеспечивать достаточные объемы производства энергии, а значит приемлемую для производителя структуру ее себестоимости; с другой стороны – удовлетворять потребителя с точки зрения единовременных капитальных вложений в энергосберегающие мероприятия.

На промышленных и энергогенерирующих объектах существует проблема утилизации сбросной низкопотенциальной теплоты, значительное количество которой сбрасывается в окружающую среду, хотя может быть использовано для собственных нужд предприятия. В системах комплексной утилизации сбросной тепловой энергии использование парокомпрессионных теплотрансформаторов (ТТ) позволяет повысить изначально низкотемпературный потенциал потоков отработанной энергии.

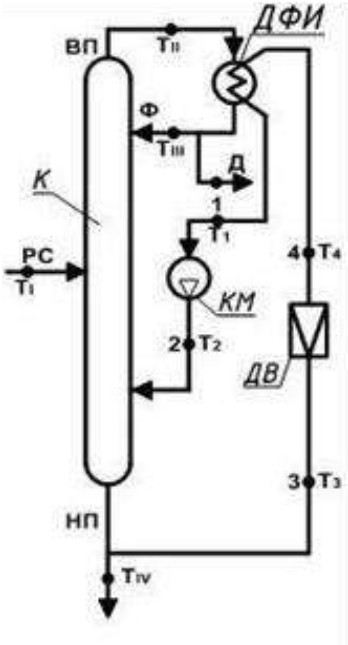
Перспективным источником теплоты для работы парокомпрессионных ТТ на энергогенерирующих объектах является охлаждающая вода конденсаторов паровых турбин. Использование ее энергии позволяет снизить количество сбрасываемой теплоты; сократить расход циркуляционной воды, поступающей на градирни; сократить расход электроэнергии на привод циркуляционных насосов [2].

Аргументом внедрения ТТ является также тот факт, что на тепловых электрических станциях, работающих с максимальной загрузкой систем охлаждения оборотной воды конденсаторов паровых турбин, наблюдается неспособность станций нести необходимую электрическую мощность в жаркое время года. Для таких ТЭС внедрение ТТ в технологию охлаждения оборотной воды, резервы которой значительны в летнее время, позволит снизить ограничения электрической мощности.

На промышленных объектах при разделении веществ образуется низкотемпературная вторичная энергия в виде сбрасываемой теплоты полупродуктов разделения. Сбрасываемая теплота верхнего продукта колонны может повысить свой потенциал в ТТ и использоваться далее для нагрева нижнего продукта колонны, тем самым снижая затраты греющего теплоносителя в кубе колонны [3].

В целлюлозно-бумажной промышленности, где теряемую энергию также можно использовать в ТТ, – это производство спирта. В процессах разделения на вспомогательном участке получения спирта при производстве бумаги предложено включить ТТ в ректификационную установку для утилизации теплоты верхнего продукта колонны и подогрева ее нижней части.

Оптимальным вариантом установки, обеспечивающей наименьшее потребление тепловой энергии, является модернизированная ректификационная установка с парокомпрессионным термотрансформатором (см. рисунок) [4].



Ректификационная установка с парокомпрессионным термотрансформатором: К – колонна; Р – рибойлер (кипятильник); Д – дифлегматор; ДФИ – дифлегматор-испаритель; ДВ – дроссельный клапан; КМ – компрессор; РС – разделяемая смесь; ВП – верхний продукт; НП – нижний продукт; Ф – флегма; Д – дистилят

В ряде проведенных расчетов выявлено, что применение парокомпрессионных ТТ наиболее целесообразно на промышленных объектах. Определено, что коэффициент преобразования теплоты ТТ при включении

его в схему ТЭЦ и работе на оборотной воде градирен составил 4,58, а при включении ТТ в схему разделения веществ на нефтехимическом предприятии и работе на верхнем продукте колонн составил 7,45 [5].

Литература

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: федер. закон Рос. Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ (ред. от 26 июля 2019 г.). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант» (дата обращения: 16.02.2020).
2. Замалеев М.М., Шарапов В.И., Организация полезного использования «сбросной» теплоты на ТЭЦ // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2013. Т. 1. С. 11–12.
3. Александров И.А., Ефремов Г.И., Брюзгинов Е.В. Применение и теплового насоса в процессах ректификации // Энергосбережение и водоподготовка. 2007. Т. 1, № 1 (45). С. 33–36.
4. Организация системы преобразования вторичной тепловой энергии с использованием теплонасосного оборудования для нефтегазоперерабатывающего предприятия восточной нефтяной компании / Л.В. Плотникова [и др.] // Территория Нефтегаз. 2018. № 11. С. 86–90.
5. Храмова Е.В. Эффективность трансформаторов теплоты и их использование в качестве энергосберегающей технологии для ТЭЦ // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. 2018. № 1. С. 159–160.

УДК 532.5

МЕТОД СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРРОЗИИ В ТРУБОПРОВОДОВНЫХ СИСТЕМАХ

Чикунова Е.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
elizabet77@mail.ru
Науч. рук. Измайлова Е.В.

Приоритетными направлениями развития энергетики и теплоснабжения являются увеличение надежности теплоснабжения, сокращение тепловых потерь при транспортировке теплоносителя. В работе рассмотрен метод свободных колебаний, позволяющий определять утонения стенок в трубопроводных системах.

Ключевые слова: трубопроводные системы, коррозия, метод свободных колебаний.

Основной производственной задачей при эксплуатации трубопроводных систем является обеспечение надежной и бесперебойной работы [1]. На сегодняшний день для холодного и горячего водоснабжения, отопления применяются металлические трубы: из углеродистой стали оцинкованные и неоцинкованные (ГОСТ 3262-75, ГОСТ 10704-91, ГОСТ 8732-78), из нержавеющей стали (ГОСТ 9941-81) или меди (ГОСТ Р 52318-2005). Во многих случаях коррозионный отказ водопровода или теплопровода связан с совместным действием процессов наружной и внутренней коррозии [2].

Трубы водоснабжения обычно подвержены наружной коррозии при прямом контакте поверхности трубопровода с грунтом или водой и внутренней коррозии в случае агрессивных коррозионных свойств самой транспортируемой водной среды.

Самые распространённые внутренние коррозионные дефекты стенок трубопровода – сквозные язва и питтинг, маленькие отверстия в стенке трубы, потери воды через которые невелики, поэтому их трудно вовремя обнаружить и устранить. Выходящая вода из такого отверстия растекается по наружной поверхности металла тонким слоем. Этот слой поверхностной воды является электролитом, в котором протекают электрохимические реакции, способствующие протеканию наружной коррозии на большой площади трубы, а также разрушающие гидро- и теплоизоляцию. В результате стенки трубопровода на большой поверхности утончаются, что приводит к отказу с масштабными потерями воды. Таким образом, внутренняя коррозия (рис. 1) является первопричиной многих отказов на трубопроводах водоснабжения и теплосетей, хотя на первый взгляд причиной является наружная коррозия.

Для определения коррозии и утонения стенок трубопроводных систем предлагается использовать метод акустического неразрушающего контроля [3] – метод свободных колебаний (МСК). Метод основан на возбуждении свободно затухающих упругих колебаний в контролируемом объекте и анализе параметров этих колебаний.

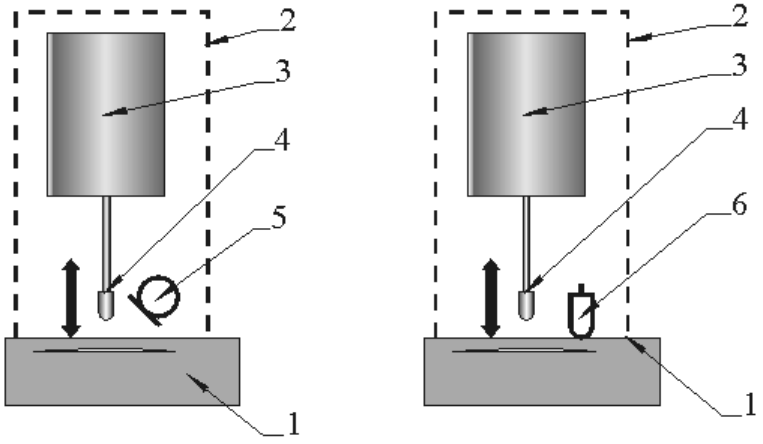
Рис. 1. Примеры коррозии трубопроводов

В МСК информативным параметром служит изменение спектра свободных упругих колебаний контролируемых объектов. Спектр является обобщенной характеристикой. Технически проще использовать амплитудно-частотную характеристику спектра, поэтому практически применяется такой способ обработки информации.

Преимуществами МСК перед другими низкочастотными методами являются возможность контроля изделий из материалов с малыми модулями Юнга и высокими коэффициентами затухания упругих колебаний и обнаружение дефектов на большей глубине.

Основные способы ударного возбуждения упругих колебаний в контролируемом изделии: механический (электро-механический), пьезоэлектрический, электромагнитно-акустический, газодинамический, оптический. Наиболее распространен первый способ: в качестве возбудителя используют устройства, подвижные системы которых приводятся в движение электромагнитными механизмами. В механических (электромеханических) вибраторах подвижная система соприкасается с изделием в течение промежутков времени, малых по сравнению с периодом следования импульсов.

В ударных преобразователях контролируемый объект возбуждается электромагнитным вибратором. Прием сигнала производится либо микрофоном (рис. 2, *а*), либо пьезоприемником (рис. 2, *б*). Пьезоприемник менее подвержен внешним шумам, но он является дополнительной нагрузкой на контролируемый объект.



а *б*

Рис. 2. Ударные преобразователи с микрофонным (*а*) и пьезоэлектрическим (*б*) приемниками: *1* – контролируемый объект; *2* – корпус преобразователя; *3* – электромагнит; *4* – подвижная система; *5* – микрофон; *6* – пьезоприемник

Каждое изделие, материал имеет свою амплитудно-частотную характеристику. Наличие коррозии изменяет толщину и массу поверхностей трубопроводов, а значит, и собственные частоты колебаний. Контролируемые участки трубопроводов сравнивают с эталонным изделием (бездефектное изделие – трубопровод или его часть) [4]. Имея «акустический паспорт» изделия, зная текущие частоты колебаний контролируемых поверхностей, можно определить наличие коррозии и утонение стенок.

Литература

1. ГОСТ 27.103-83 (СТ СЭВ 3943-82). Надежность в технике (ССНТ). Критерии отказов и предельных состояний. Основные положения. М.: Изд-во стандартов, 1983. 7 с.

2. Броек Д. Основы механики разрушения / пер. с англ. М.: Высшая школа, 1980. 368 с.

3. Зиганшин Ш.Г., Ваньков Ю.В., Измайлова Е.В. Контроль технического состояния трубопроводов акустическими методами: монография. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2015. 160 с.

4. Determination of the sediment thickness on the heat-exchange surfaces by free vibration method / E.V. Izmailova [et al.] // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 124. URL: https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405069 (дата обращения: 16.02.2020).

УДК 620.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Шаймурдов Р.Р.[1], Сибгатуллина Г.Я.[2]

[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]russhain@gmail.com, [2]sgss716@mail.ru

Предложены способы (виды) повышения энергоэффективности административного здания путем применения энергосберегающих технологий, представляющего собой вентиляционную установку с дополнительным оборудованием «рекуператором».

Ключевые слова: роторный рекуператор, барабан, пластинчатый рекуператор, гигроскопический (энтальпийный), конденсационный, сорбционный.

Рекуперация тепла в вентиляции – это способ передачи тепловой энергии от потока отработанного воздуха, к потоку приточного. Рекуперация применяется при наличии разности температур между удаляемым и приточным воздухом, для повышения температуры свежего воздуха. Данный процесс не подразумевает смешения воздушных потоков, процесс передачи теплоты происходит через какой-либо материал.

Рекуператоры бывают двух видов: пластинчатые и роторные.

Пластинчатые рекуператоры. Для пластинчатых рекуператоров выходящий из помещения воздух нагревает пластины теплообменника, отдавая им свое тепло, и удаляется на улицу холодным. Входящий же свежий воздух забирает тепло от пластин теплообменника, подогревается и доставляется в помещения уже нагретым. Эффективность пластинчатого рекуператора составляет до 60 %, в зависимости от установки.

Пластинчатые рекуператоры подразделяются по исполнению материала на следующие виды: алюминиевые, пластиковые, из нержавеющей стали, из бумаги.

Алюминиевый теплообменник хорош тем, что алюминий имеет очень высокий коэффициент теплопередачи и при этом является «гигиеничным» металлом. Никакой коррозии и никаких запахов! Это очень хороший материал для высоконапорных систем рекуперации. Алюминиевые пластинчатые рекуператоры подходят для использования в бытовых и промышленных системах вентиляции с рекуперацией. Это самые популярные теплообменники.

Пластиковый теплообменник рекуператора ничем не уступает алюминиевому, но также имеет более низкий вес и стоимость, если говорить о небольших по производительности рекуператорах.

Используются пластиковые пластинчатые рекуператоры исключительно в бытовых приточно-вытяжных установках с рекуперацией, так как для промышленных рекуператоров необходимы большие размеры теплообменников и производство пластиковых рекуператоров таких размеров слишком затратно.

Рекуператоры из нержавейки (нержавеющей стали) – довольно эксклюзивный вид пластинчатых рекуператоров, но крайне необходимый. Такие теплообменники используются в агрессивных средах и в системах рекуперации повышенных температур. Химические, фармацевтические, пищевые и многие другие производства, а также температуры выходящего потока газов до 1500 °С вынуждают использовать именно нержавеющую сталь в качестве материала пластин рекуператора.

Бумажный теплообменник рекуператора – очень редкий, но очень эффективный вид материала для создания рекуператора.

Некоторые виды рекуператоров помимо возврата тепла – возвращают в помещение еще и влагу за счет своей структуры, позволяющей бумаге намокать, но не пропускать воздух.

Все дело в том, что в рекуперации есть два вида тепла: Явное тепло и скрытое.

Явное тепло в рекуператоре – это тепло, отдаваемое воздухом при рекуперации.

Скрытое тепло – это тепло, которое выделяется при конденсации влаги и смене агрегатного состояния из газообразного в жидкое.

Хотелось бы отметить, что именно скрытое тепло воздуха является основополагающим при подсчете производительности рекуператора. В воздухе содержится лишь 10–25 % тепла, которое передается от вытяжного воздуха – приточному. Все остальное тепло содержится в влаге. И чем больше влажность воздуха, тем больше тепла он может отдать более холодному предмету (в данном случае стенке пластинчатого рекуператора, за которой находится ледяной приточный воздух)

Роторные рекуператоры.

Основу роторной установки составляет алюминиевый барабан, который забирает тепло у выходящего воздуха и отдает его входящему. Роторный рекуператор обладает более высоким КПД, его энергоэффективность достигает 80 %. В отличие от пластинчатого варианта ему не нужно отводить влагу, которая собирается в виде конденсата, в данном варианте необходимое ее количество доставляется на увлажнение нужных помещений, что становится особенно актуальным в сухой зимний период.
Покрытие материала роторного барабана может быть разным. Рекуператоры по этому признаку бывают:

Конденсационного типа. Ротор представляет собой алюминиевый барабан без покрытия и переносит только тепловую энергию воздуха. Энергию, которая содержится во влаге воздушного потока, он не перемещает.

Гигроскопического (энтальпийного) типа. Соты алюминиевого барабана покрывают гигроскопическим покрытием с сорбирующими свойствами. Барабан при вращении собирает влагу, перенося её из одного потока в другой. При этом утилизируется как влага, так и скрытая теплота воздуха.

Сорбционного типа. В данном исполнении эффективность энтальпийного рекуператора увеличивают, применяя инновационный сорбент – силикагель. У него очень большая площадь поверхности – 800 $м^2$/г. Из-за этого у силикагеля крайне высокая способность впитывать влагу.

С эпоксидным покрытием. Такое исполнение применяют для защиты алюминиевого барабана от разрушающих воздействий находящихся в воздухе химических соединений. Это может быть высокое содержание хлора в воздухе бассейнов, повышенная концентрация соли в морском воздухе, разрушающие пары в химическом производстве и пр.

С антибактериальным покрытием. Барабан покрывается покрытием, которое эффективно противодействует более 600-м видам икроорганизмов. Его наносят обычно на энтальпийные роторы или с эпоксидным покрытием.

Литература

1. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. 200 с.

2. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями № 1, 2) [Электронный ресурс] // Строительные нормы и правила РФ. URL: http://sniprf.ru/sp131-13330-2012 (дата обращения: 13.02.2020).

3. Гумеров Л.Э., Ахметов Э.А., Ситдиков Р.Р. Анализ использования низкотемпературной системы отопления жилого здания [Электронный ресурс] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8-2. URL: https://applied-research.ru/ru/ article/ view?id=7113 (дата обращения: 13.02.2020).

УДК 620.19

МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ ДЕФЕКТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Шакурова Р.З. [1], Гапоненко С.О.[2], Захарова В.Е.[3]

[1-3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]shakurova.rz@gmail.com, [2]sogaponenko@yandex.ru

Представлена методика выявления и локализации дефектов энергетического оборудования, реализуемая с помощью информационно-диагностического комплекса. Представлена система возбуждения колебаний в стенке объекта контроля, а также система регистрации и обработки выходных колебаний в программном софте, разработанном в среде LabVIEW. В качестве объекта контроля был выбран трубопровод.

Ключевые слова: виброакустический сигнал, энергосбережение, неразрушающий контроль, механические колебания, техническая диагностика, энергоэффективность.

Топливно-энергетический комплекс является фундаментом развития экономики, обеспечивая жизнедеятельность всех отраслей промышленности и формируя значительную часть бюджета. ТЭК связан со всеми отраслями промышленности, начиная с добычи полезных ископаемых и их переработки, и заканчивая выработкой электроэнергии на тепловых, атомных и гидроэлектростанциях. От эффективности и надежности работы предприятий энергетической отрасли зависит стабильное функционирование всех промышленных предприятий страны, а также жилищно-коммунального сектора. Наличие на электростанциях изношенного оборудования, отсутствие возможности его оперативной замены и быстрого восстановления, а также расточительный характер энергопотребления вводят энергетику в зону повышенного риска, технологических отказов, аварий и, как следствие, ненадежного энергоснабжения.

Необходимо также отметить, что бóльшая часть аварий энергетических систем приходится на системы транспортировки энергоносителя. Ввиду большого износа тепловых сетей теплоноситель подается потребителям не в соответствии с расчетным температурным графиком, что ведет к дополнительным расходам на транспортировку объемов недогретого теплоносителя [1].

Одним из направлений повышения энергетической эффективности является обеспечение надёжного функционирования энергетических систем, так как именно здесь теряется бóльшая часть энергии: на стадии производства тепловой и электрической энергии ввиду несовершенства технологий производства и оборудования энергетических систем, во время транспортировки тепловой энергии потребителю ввиду обветшания трубопроводных систем, а также потери энергии у потребителя ввиду её нерационального использования [2–4].

В данной предлагается методика выявления и локализации дефектов энергетического оборудования, основанная на оценке состояния оборудования по информации, которая содержится в виброакустическом сигнале [5]. Для реализации данной методики был спроектирован информационно-диагностический комплекс [6], состоящий из системы опор с фиксаторами, на которых крепится исследуемый трубопровод, выбранный в качестве объекта контроля. В состав ИДК также входят системы возбуждения колебаний и регистрации колебаний. Блок-схема системы возбуждения представлена на рис. 1, на котором цифрами обозначены: *1* – инерциальный резонатор; *2* – персональный компьютер (ПК); *3* – цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП); *4* – исследуемый трубопровод.

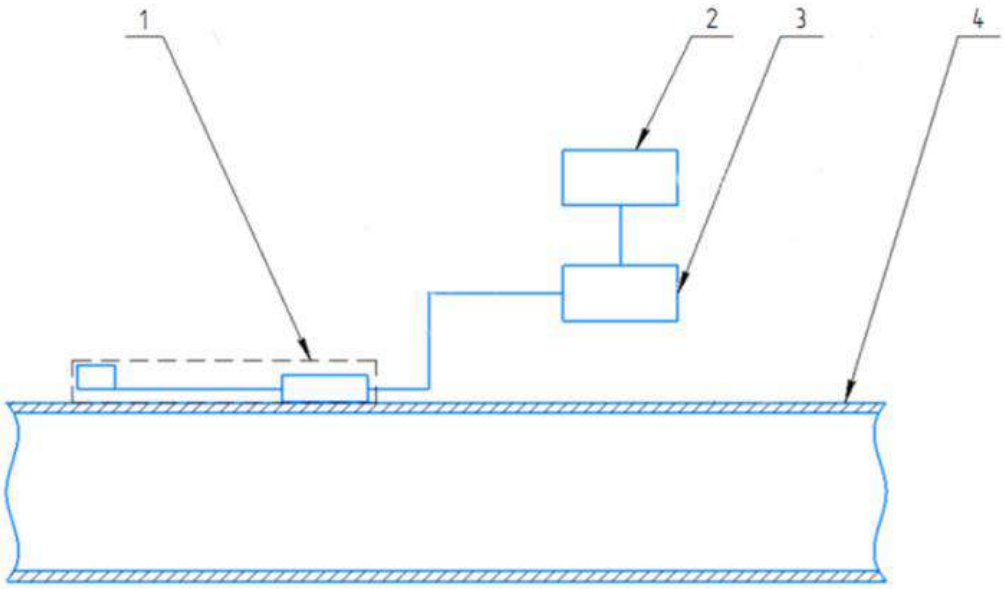


Рис. 1. Система возбуждения колебаний

Информационно-диагностический работает следующим образом. Инерциальный резонатор *1* крепится на стенку исследуемого трубопровода *4* и приводится в действие при помощи персонального компьютера *2* и ЦАП *3*. Инерциальный резонатор *1* вызывает колебания в стенке трубопровода *4*, параметры вибраций фиксируются с помощью чувствительного элемента (на рисунке условно не показан) и поступают в ПК *2* для дальнейшего анализа. Для сбора, хранения и обработки сигналов, поступающих с чувствительного элемента, в среде LabVIEW была разработана программа для ЭВМ «Contactless monitoring system» [7]. На рис. 2 представлена панель управления программы.

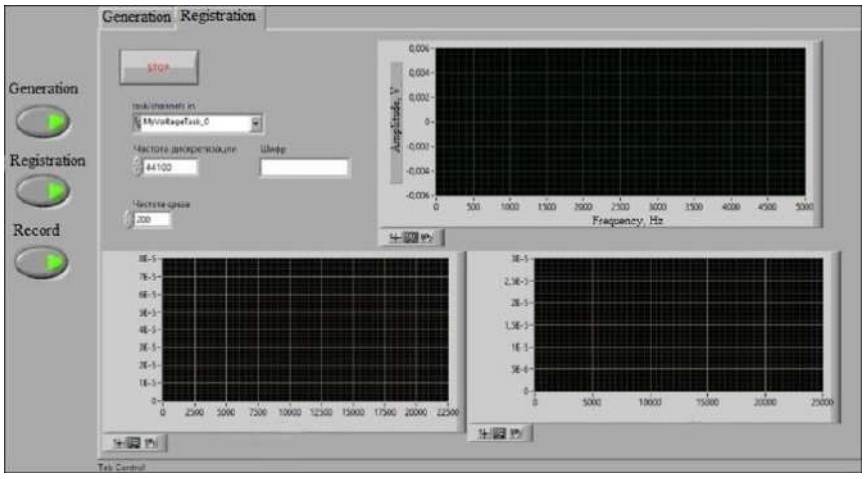


Рис. 2. Панель управления программы

Применение предлагаемой методики для контроля энергетического оборудования позволит своевременно, оперативно определять техническое состояние объекта контроля. Своевременный мониторинг позволит предотвратить утечки энергоносителя и, соответственно, не будет необходимости в дополнительных расходах для подготовки и транспортировки недогретого теплоносителя потребителю. Более того, своевременный контроль позволит предотвратить возможные аварии, вызванные дефектами в энергетическом оборудовании, и влекущие за собой большие капитальные затраты, экологический ущерб, а порой и человеческие жертвы.

Литература

1. Гапоненко С.О. Акустико-резонансный информационно-измерительный комплекс и методика контроля местоположения заглубленных трубопроводов: дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2017. 137 с.

2. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects [Electronic resource] / S.A. Nazarychev [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1328. DOI: https://doi.org/10.1088/1742-6596/1328/1/012054 (date of application: 16.02.2020).

3. Information-measuring system for monitoring the location of underground gas pipelines on the basis of improved acoustic resonance method [Electronic resource] / A.E. Kondratiev [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1328. DOI: https://doi.org/10.1088/1742-6596/1328/1/012055 (date of application: 16.02.2020).

4. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes [Electronic resource] / A.E. Kondratiev [et al.] // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 124. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912401021 (date of application: 16.02.2020).

5. Гапоненко С.О., Шакурова Р.З. Повышение эффективности энергетических систем и систем транспортировки энергоносителя с использованием методов математического моделирования // «Туполевские чтения (Школа молодых ученых)»: матер. XXIV Междунар. молод. науч. конф. Казань, 2019. Т. 5. С. 641–644.

6. Информационно-диагностический комплекс для контроля технического состояния трубопроводов: пат. 2713563 Рос. Федерация № 2019114353; заявл. 07.05.19; опубл. 05.02.20, Бюл. № 4.

7. «Contactless monitoring system»: ПрЭВМ 2019617616 Рос. Федерация № 2019615383; заявл. 16.05.19; опубл. 18.06.19.

УДК 697.92

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА ПРИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОМА

Юсупов Р.Д.[1], Зиганшин Ш.Г.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
robert.yusupov.2013@mail.ru

Представлен расчет теплопотерь частного дома в программе Audytor OZC 6.9. Целью работы является внедрение системы вентиляции с рекуперацией тепла при теплоснабжении индивидуального дома и анализ полученных результатов.

Ключевые слова: теплопотери, сопротивление теплопередаче, энергоэффективность, рекуперация.

Разумное использование топливно-энергетических ресурсов является актуальной проблемой современно мирового сообщества. По разным исследованиям одним из самых перспективных направлений по снижению потребления ископаемого топлива и внедрению энергосберегающих технологий является жилищный сектор.

В данном тезисе рассмотрим варианты снижения энергопотребления на примере частного дома. С середины 90-х годов потребление энергии в жилом секторе успешно снижается. За счет улучшенной изоляции, энергосберегающих окон и освещения, существующих или новых эффективных приборов и интегрированные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [1].

Модель дома выполнена в программе Audytor OZC 6.9 и представлена на рис. 1. Каркас дома выполнен из бруса с заполнением стен утеплителем.

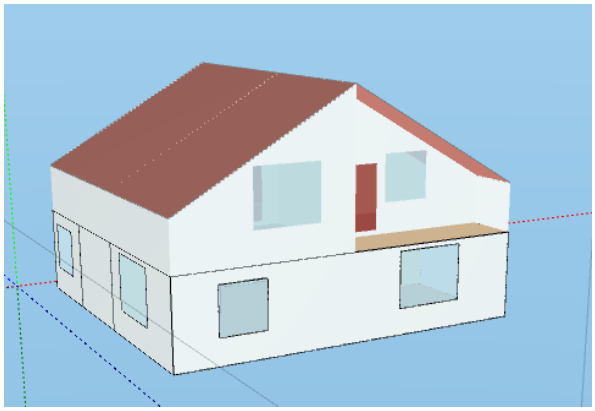


Рис. 1. 3-D модель дома

Проектирование наружных ограждений здания осуществляется по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Параметры многослойных и типовых ограждений представлены на рис. 2.

Символ	Описание	G [м]	U [Вт/м²·К]
СН	Стена наружная	0,244	0,212
ЧЕРДАК	Отдача тепла от перекрытия вверх 16,4 см	0,164	0,320
СВ	Стена внутренняя 12,2 см	0,122	0,351
КРОВЛЯ	Кровля 30,6 см	0,306	0,182
ПЛ	Пол по грунту 30,2 см	0,302	0,235

Символ	Описание	G [м]	U [Вт/м²·К]
ОК1	Окно наружное	0,036	1,670
ОК2	Окно наружное	0,036	1,670
ОК3	Окно наружное L×H= 150,0×170,0 см	0,036	1,670
НД	Дверь наружная	0,090	0,833
ВД	Дверь внутренняя L×H= 80,0×200,0 см	0,040	0,010

Рис. 2. Параметры перекрытий

Наружные перекрытия соответствуют нормативным значениям сопротивления теплопередачи при значении градусо-сутки отопительного периода (ГСОП), равному 5574 °С·сут. Тепловая нагрузка на систему отопления при естественной вентиляции составила 17 кВт [2].

При расчете требуемой тепловой нагрузки значительная часть тепла теряется на нагрев вентилируемого воздуха. В данном расчете она составляет около 50% от общих теплопотерь. Исходя из этого произведем внедрение системы вентиляции с рекуперацией тепла в целях снижения тепловой нагрузки на систему отопления. Тепловая нагрузка при этом составила 10,88 кВт. Коэффициент полезного действия рекуператора и параметры воздуха представлены на рис. 3.

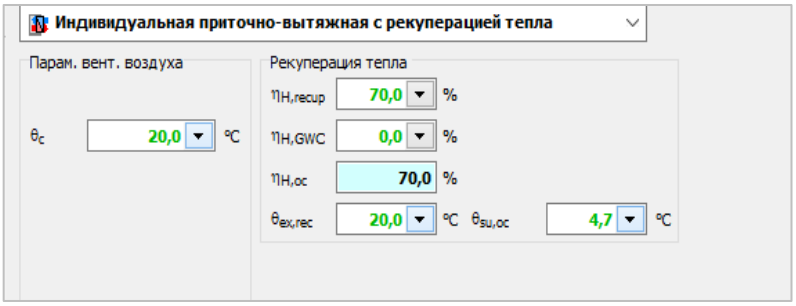


Рис. 3. Параметры воздуха в системе вентиляции с рекуперацией тепла

Итоги расчетов системы вентиляции представлены на рис. 4.

Итоги расчетов вентиляции для нужд проектной тепловой нагрузки:		
Среднее количество воздухообменов n:	1,4	
Количество подаваемого вентиляционного воздуха V_v:	709,1	м³/ч
Средняя тепмература подаваемого воздуха θ_v:	1,6	°C

Рис. 4. Итоги расчетов системы вентиляции

Система вентиляции с рекуперацией тепла является отличным вариантом для домов, осуществляющих теплоснабжение электрическими котлами. Она в значительной степени позволяет снизить электропотребление и выполнять подачу воздуха без предварительного электрического подогрева при температуре наружного воздуха до –5 °С [3].

Литература

1. Малявина Е.Г. Теплопотери здания: справ. пособие. М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. 144 с.

2. Пилипенко Н.В. Тепловые потери и энергетическая эффективность зданий и сооружений: учеб. пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2016. 54 с.

3. Беккер А.М. Системы вентиляции. М.: Техносфера, Евроклимат, 2005. 232 с.

УДК 533.6:341.229

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОТВЕДЕНИЯ ТЕПЛОТЫ В БЛИЖНЕМ КОСМОСЕ

Якупова И.Д.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
dmitrvn@bk.ru
Науч. рук. Кондратьев А.Е.

Представлена информация о сложностях, возникающих при решении задач отвода тепла в ближнем космосе, причинах его переизбытка или нехватки. Показаны возможные пути решения проблем, связанных с теплоотводом на космических аппаратах.

Ключевые слова: ближний космос, отвод тепла, терморегулирование, космические аппараты.

Космонавтика – перспективное на сегодняшний день направление, заключающееся в исследовании космического пространства с использованием автоматических и пилотируемых космических аппаратов (КА), надежность и долговечность которых зависит от температурного режима работы всей бортовой системы.

В первую очередь тепловой режим функционирования КА определяется внутренними источниками тепла, такими как приборы, средства сбора и контроля информации, энергетические установки и собственно организмом космонавта. Например, на космических кораблях США серии «Джемини» (англ. Gemini) теплоотдача только от бортовой аппаратуры составляет порядка 500–600 ккал/ч, а от организма человека 230 ккал/ч при бодрствовании и 70 ккал/ч во время сна. Ближайшие перспективы освоения ближнего космоса предусматривают увеличение как аппаратуры на борту КА, так и численности экипажа, что значительно актуализирует проблему отвода вырабатываемой теплоты [1].

Ввиду отсутствия в космосе естественной конвекции воздуха, падающий на поверхность КА внешний тепловой поток солнечного излучения, величина которого определяется средним по всему спектру коэффициентом поглощения A_S, частично будет отражен, но в большей своей степени будет передан обратно в окружающее пространство путем излучения. Способность поверхности излучать тепло определяется степенью черноты ее поверхности ε. Величины A_S и ε зависят от поверхности и особенностей материала и имеют максимальное теоретическое значение, равное 1. При условии теплоизолирования одной стороны поверхности КА, ее температура полностью будет определяться отношением A_S к ε, характерным для другой стороны ее поверхности. Если поверхность КА химически отполировать, то коэффициенты A_S и ε становятся равными соответственно 0,2 и 0,1. При данном раскладе, облучаемый солнечным тепловым потоком корпус КА будет иметь температуру около 200 °С, что является вполне реальной для внешней стороны корпуса, повернутого к Солнцу, температурой. Таким образом, ближний космос является одновременно и «горячим» (473 К при освещении Солнцем), и «холодным» (4 К без нагрева). Столь сильный температурный перепад подразумевает необходимость решать сразу две задачи: предохранять космический корабль от перегрева и от переохлаждения [2].

Повысить эффективность отвода тепла в космическое пространство можно двумя способами. Во-первых, путем отказа от полной теплоизоляции одной из сторон КА (уменьшить соотношение воспринимающих и излучающих тепловой поток площадей). Таким образом, тепло будет поступать на нее с одной стороны, а излучаться – с двух. Во-вторых, можно уменьшить отношение A_S к ε, что на практике

достигается при помощи соответствующей обработки излучающей поверхности. Широкое распространение получило нанесение на такую поверхность специальных лакокрасочных покрытий, которые обеспечивают рабочее значение:

$$\frac{A_S}{\varepsilon} = \frac{1}{2},$$

т. е. температура снизится примерно до 60 °С [3].

Из вышесказанного следует, что добиться достаточно низкой средней температуры оболочки КА можно с помощью сравнительно простых мер, однако нагрев идет не только от Солнца, но и теплом, выделяемым членами экипажа и его бортовой аппаратуры. Это избыточное тепло можно отводить, увеличивая площадь излучающих поверхностей.

Особая сложность при решении проблем терморегулирования КА состоит в том, что полет может проходить достаточно длительное время по орбите, имеющей как участок тени, так и освещенной Солнцем. При этом в тени Земли внешние потоки и тепловыделение приборов находятся в дежурном режиме и могут быть минимальными, в то время как на солнечной орбите будут интенсивно работать приборы, выделяя максимальное количество тепла [4].

Литература

1. Хафизов Р.Г. Применение двигателя Стерлинга в ближнем космосе для создания искусственной гравитации. Механизмы аккумуляции энергии и отвода тепловой энергии луне // Матер. XII Междунар. молод. науч. конф. по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, 2017. С. 181–183.

2. Юсупов И.Ф. Анализ энергетической возможности двигателя Стерлинга в ближнем космосе // Матер. XIII Междунар. молод. науч. конф. по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, 2018. С. 166–168.

3. Шарифуллина А.Р. Процесс теплообмена в космосе луне // Матер. XI Междунар. молод. науч. конф. по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, 2016. С. 258–260.

4. Когда в космосе жарко [Электронный ресурс]. URL: https://scfh.ru/papers/kogda-v-kosmose-zharko/ (дата обращения: 03.03.2020).

УДК 620.92:621.311.243:523

СОЛНЦЕ КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ В БЛИЖНЕМ КОСМОСЕ

Якупова И.Д.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
dmitrvn@bk.ru
Науч. рук. Кондратьев А.Е.

Изложена информация о проблемах, которые могут возникнуть в ходе эксплуатации солнечных электростанций, способах передачи энергии на Землю; описывается принцип работы уже существующих установок, предназначенных для добычи солнечной энергии из космоса.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, ближний космос, солнце, солнечная электростанция, микроволновое излучение.

Космос – всеобщее достояние, исследованием которого могут заниматься все страны в равной мере. Солнце – мощнейший, неисчерпаемый источник энергии. Но его лучи, проходя через магнитные поля и озоновый слой планеты, теряют большую часть своей энергии. Чтобы значительно снизить эти потери, предлагается размещать тепловые и электрические энергетические станции в ближнем космосе. Космическое пространство начинается над высотой 100 км над уровнем моря, ближний же космос занимает пространство вокруг Земли радиусом в 1 астрономическую единицу (149,6 млн км).

Один из проектов космической электростанции разработан в исследовательской лаборатории ВМС США. Планируется проводить преобразование солнечной энергии в электрическую непосредственно на орбите. Эта установка представляет собой зеркала-концентраторы, направляющие на солнечную панель излучение, после чего полученная энергия конвертируется в радиосигнал, который будет получен приемниками на поверхности Земли [1].

Одной из важнейших проблем организации такого рода космических объектов является обеспечение работоспособности радиоэлектронной аппаратуры, находящейся в герметичном и негерметичных отсеках космической станции, в заданном интервале температур. Эта проблема решается системой обеспечения теплового режима станции [2].

В космическом пространстве при малой плотности частиц вещества передача тепла от тел происходит посредством излучения. Тела, которые соприкасаются друг с другом, передают тепло с помощью механизма теплопроводности. Для космических аппаратов (КА) ближнего космоса особое внимание уделяется лучистому внешнему теплообмену, теплообмену между наружными поверхностями и воздействию солнечных потоков. [3]

Особенность процессов теплообмена в космическом пространстве состоит в том, что они происходят между телами, имеющими существенно различные температуры. Так, солнце, являясь основным источником тепловой энергии, имеет эффективную температуру поверхности около 5800 К, температура поверхности КА составляет порядка сотен кельвинов, а температура «черного» космического пространства близка к 4 К. Основная доля энергии солнечного излучения (~ 92 %) приходится на диапазон длин волн от 0,3 до 3 мкм, а основная доля энергии излучения поверхности КА – на диапазон длин волн свыше 4 мкм.

Закон, открытый Йозефом Стефаном и Людвигом Больцманом, состоит в предположении пропорциональности плотности энергии излучения его давлению $p = \rho/3$. В 1880 г. он подтверждён Лео Гретцем. Закон Стефана – Больцмана – закон излучения абсолютно чёрного тела – определяет зависимость мощности излучения абсолютно чёрного тела от его температуры. Он формулируется так: мощность излучения абсолютно чёрного тела прямо пропорциональна площади поверхности и четвёртой степени температуры тела:

$$\Phi = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot S,$$

где ε – степень черноты (для всех веществ $\varepsilon < 1$, для абсолютно чёрного тела $\varepsilon = 1$); σ – постоянная Стефана-Больцмана, $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ Вт $\cdot$ м$^{-2} \cdot$ К$^{-4}$; S – излучаемая площадь; T – температура тела [4].

Решение проблемы отвода тепловой энергии позволит создать высокоэффективную энергетическую станцию передачи солнечной энергии в виде радиоимпульса с КА на поверхность Земли, который обратно преобразуется в электроэнергию и отправляется в сеть. Данный метод снижает себестоимость ресурсов, повышает качественные характеристики энергии путем концентрирования зеркалами на 35 % больше излучения (при попадании в атмосферу земли солнечное излучение рассеивается) и приводит к КПД, равному 80–90 %, но трудно осуществим ввиду размеров антенн для энергии частотой 2,45 ГГц: передающая – 1 км, принимающая – 10 км. Сложностью также является еще и то, что электронные компоненты,

преобразующие свет в микроволновое излучение и способные работать при огромных температурах, существуют в виде лабораторных образцов и малопригодны к производству в промышленных масштабах. Кроме того, размеры солнечных батарей и зеркал должны быть в разы больше передатчика, что, в свою очередь, представляет собой большое количество материала, которое необходимо доставить, собрать и настроить на орбите [5].

Специалисты утверждают, что по сравнению с наземными, у космических солнечных электростанций эффективность может быть вдвое больше, так как КА на орбите освещен круглосуточно и круглогодично, в то время как на земле есть прямая зависимость от времени дня и погоды.

Литература

1. Энергия космоса: ближайшее будущее или несбыточная мечта [Электронный ресурс]. URL: https://altenergiya.ru/novosti/energiya-kosmosa-blizhajshee-budushhee-ili-nesbytochnaya-mechta.html (дата обращения: 19.02.2020).

2. Курицына К.С. Способы и особенности построения теплоэнергетических комплексов на луне // Матер. XII Междунар. молод. науч. конф. по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, 2017. С. 147–149.

3. Сергеева Д.В. Особенности обеспечения жизнедеятельности на лунной станции // Матер. XII Междунар. молод. науч. конф. по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, 2017. С. 169–171.

4. Энергетические установки на орбите. Солнечные электростанции. [Электронный ресурс]. URL: http://www.assemblingonspace.ru/2017/10/25/energeticheskie-ustanovki-na-orbite-solnechnye-elektrostancii/ (дата обращения: 19.02.2020).

5. Хафизов Р.Г. Применение двигателя Стерлинга в ближнем космосе для создания искусственной гравитации. Механизмы аккумуляции энергии и отвода тепловой энергии // Матер. XIV Междунар. молод. науч. конф. по естественным и техническим дисциплинам. Йошкар-Ола, 2019. С. 181–183.

Секция 3. ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ И ТОПЛИВА, КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

УДК 628.5:621.311.22

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Аджигитова А.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
aigul-83@mail.ru
Науч. рук. Николаева Л.А.

Рассмотрены проблемы очистки сточных вот от ионов тяжелых металлов и вторичного использования отходов органического происхождения. Поднимается вопрос необходимости исследований в этой области для предложения наиболее эффективных и дешевых сорбентов на основе пищевых отходов.

Ключевые слова: отходы потребления, сточные воды, тяжелые металлы, технологии очистки, органические отходы

Деятельность многих промышленных предприятий часто приводит к загрязнению окружающей среды сточными водами, содержащими в своём составе вредные вещества, оказывающие и в небольших количествах довольно серьёзное негативное воздействие на здоровье человека и состояние биосферы в целом [2].

Важной экологической проблемой является загрязнение поверхностных вод ионами тяжелых металлов, токсическое воздействие которых на живые организмы приводит к нарушению протекания ферментативных реакций [1].

Одним из распространённых способов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов являются сорбционные и ионообменные методы. В основном, сорбенты, используемые в промышленности, разрабатываются на основе активных углей. В связи с этим возрастает необходимость получения более дешёвых сорбентов с улучшенными физико-химическими и эксплуатационными характеристиками [2].

Особый интерес представляют сорбенты, изготовленные из вторсырья. Такие материалы могут решить комплексную проблему очистки воды и утилизации отходов.

За последние 10–15 лет были изучены сорбционные свойства большого количества различных отходов производства и потребления, как в исходном виде, так и модифицированных. На основе этих исследований предложены более дешевые аналоги сорбентов на основе активированного угля.

Сырьё, применяемое для сорбции ионов тяжелых металлов, представлено неограниченным набором различных материалов растительного происхождения – шишками, опилками, листьями, семенами, плодами и стеблями различных растений, корой лиственных и хвойных пород деревьев, жмыхами и шротами, скорлупой орехов, шелухой, свекловичным жомом, кожурой фруктов, соломой, травянистыми и водными растениями, торфом. А также илом, морскими водорослями, биомассой бактерий, дрожжей; грибов, и др. [2].

Сегодня большое количество отходов органического происхождения образуется не только на стадии производства, но и на стадии реализации пищевых продуктов. На рынках, в магазинах, компаниях по доставке продуктов питания ежемесячно образуются тонны отходов из продуктов, потерявших потребительские свойства. Такие отходы, как правило, вывозятся на свалки и полигоны что, естественно, сопровождается как экологическим ухудшением окружающей среды, так и существенными экономическими потерями от упущенных возможностей переработки вторичных материальных ресурсов, извлекаемых из отходов [3].

По статистике, органические отходы по интенсивности являются третьим источником выделения парниковых газов, влияющим на изменение климата, если попадают на свалку. Процесс распада биоразлагаемых продуктов происходит на свалках в условиях нехватки кислорода и сопровождается выделением свалочного газа, который, в свою очередь, состоит из метана (CH_4), углекислого газа (CO_2) и азота (N_2) [4].

На сегодняшний день необходимы детальные исследования по изучению свойств отходов органического происхождения, в том числе и модифицированных, для использования их в качестве сорбентов при очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Таким образом, к изучению процессов сорбции тяжелых металлов природными материалами из возобновляемого сырья органической природы проявляется большой интерес. Обусловливается это тем, что органическое отходы являются перспективными и экономически выгодными сорбентами для очистки от ионов тяжелых металлов водных растворов, имеющих различный состав, начиная от сточных вод промышленных предприятий до природных вод и пищевых систем [2].

Литература

1. Митракова Т.Н. Применение материалов естественного происхождения для сорбционной очистки сточных вод от ионов меди (II): дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2017. 126 с.

2. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с помощью сорбентов / Ю.Н. Петухова [и др.] // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2019. № 7 (64). С. 51–54.

3. Соломин И.А. Организация системы управления муниципальными органическими отходами // Природообустройство. 2019. № 2. С. 60–64.

4. Сопова М.Н. Воздействие несанкционированных свалок на компоненты окружающей среды (на примере г. Абакана) // Наука без границ. 2019. № 12 (40). С. 107–110.

УДК 628.31

ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФЕНОЛОВ

Айкенова Н.Е.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
twrpx99@mail.ru
Науч. рук. Николаева Л.А.

Рассмотрена перспектива очистки промышленных сточных вод нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности от фенолов отходами производства. Предложена технологическая схема очистки сточных вод от фенолов модифицированным карбонатным шламом, который является многотоннажным отходом энергетики на примере ТОО «Актобе нефтепереработка».

Ключевые слова: адсорбция, адсорбент, сточные воды, фенолы, карбонатный шлам, доочистка сточных вод

Нефтехимические и нефтеперерабатывающие промышленные предприятия в большом объеме потребляют природную воду. Вода используется для технологических операций, приготовления растворов, необходимых для выработки продукции, нагревания и охлаждения, промывки технологического оборудования. В сточных водах этих предприятий содержится широкий спектр растворенных в воде органических веществ, в том числе нефтепродуктов и фенолов. При отсутствии на предприятиях

очистки сточных вод значительно возрастает антропогенная нагрузка на окружающую среду, которая связанна с характером промышленной деятельности предприятия.

Традиционно используемые технологические схемы и очистные оборудования, используемые для очистки сточных вод от фенолов на большинство действующих предприятиях к настоящему времени морально и физически устарели, и не обеспечивают высокие требования к качеству очищаемой воды. Поэтому усовершенствование технологий очистки сточных вод от фенола с использованием эффективных комплексных решений, является актуальной задачей и имеет научное и практическое значение.

В статье предлагается адсорбционная технология очистки сточных нефтесодержащих вод ТОО «Актобе нефтепереработка» многотоннажным отходом энергетики – шламом химводоподготовки (ХВП), образующимся при известковании и коагуляции на стадии предварительной очистки сырой воды.

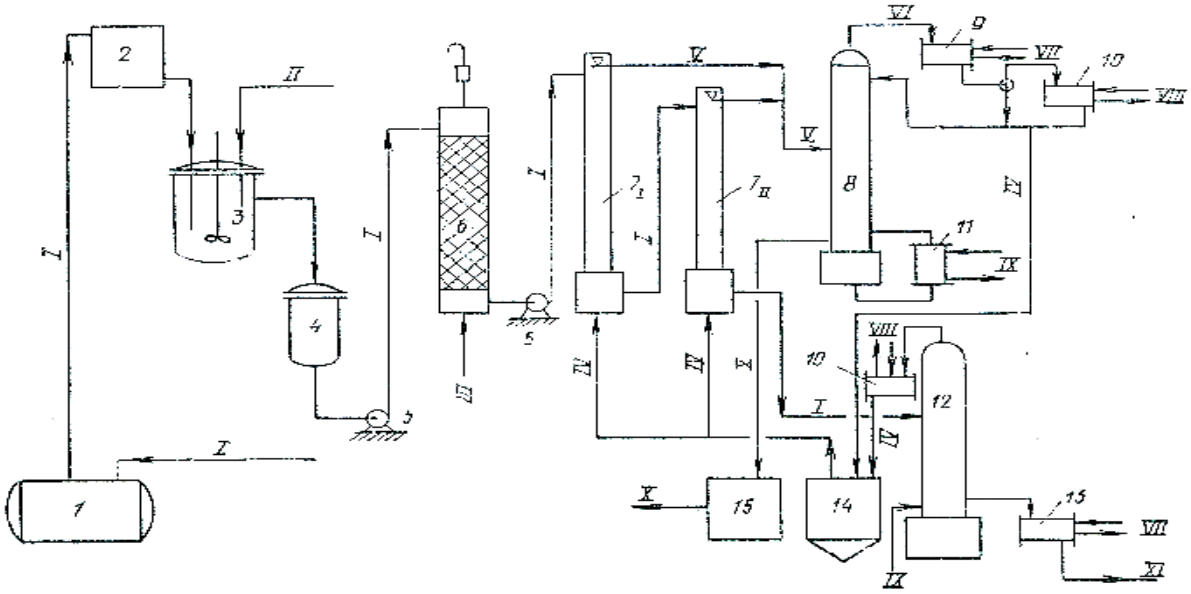
Шлам ХВП – отход, который образуется на водоподготовительной установке тепловых электрических станций. Экспериментальные исследования проводились с карбонатным шламом Казанской ТЭЦ-1 (влажность – 3 %). Высушенный шлам представляет собой мелкодисперсный порошок от светло-желтого до бурого цвета [1].

Рассмотрена принципиальная возможность очистки сточных вод от фенолов сорбционным материалом, разработанным на основе шлама ХВП. В ранних работах [2] определены технические характеристики и адсорбционная емкость материала по эмульгированным и растворенным нефтепродуктам нефти Шийского месторождения [2]. Сорбционный материал имеет технологические характеристики (см. таблицу).

Технологические характеристики «ГрСМ»

№	Характеристика	Значение
1	Размер частиц, мм	0,5…2,5
2	Насыпная плотность, $\rho_н$, кг/м^3	670
3	Влажность, %	2,5
4	Удельная поверхность, м^2/г	64,9
5	Суммарный объем пор, см^3/г	0,84
6	Водопоглощение, %	1,2
7	Адсорбционная емкость по йоду, %	7
8	Адсорбционная емкость по метилену голубому, %	20

Для очистки сточных вод ТОО «Актобе нефтепереработка» от нефтепродуктов и фенолов предлагается следующая принципиальная технологическая схема (производительность 60 м^3/сут.), представленная на рисунке.



Принципиальная схема обесфеноливания сточных вод ТОО «Актобе нефтепереработка»: *1* – сборная емкость сточных вод; *2* – напорный бак; *3* – резервуар для подкисления сточных вод; *4* – резервуар-усреднитель; *5* – насосы; *6* – адсорбционная колонна; *7-I* и *7-II* – экстракционные колонны; *8* – ректификационные колонны; *9* – дефлегматор; *10* – конденсатор; *11* – кипятильник; *12* – отпарная колонна; *13* – холодильник; *14* – емкость для эфира; *15* – емкость для фенола; *I* – фенольная сточная вода; *II* – серная кислота; *III* – абгазы; *IV* – экстрагент (эфир); *V* – экстракт; *VI* – пары экстрагента (эфира); *VII* – охлаждающая вода; *VIII* – охлаждающий рассол; *IX* – пар; *X* – фенол; *XI* – сток в канализацию

В цехе переработки побочных продуктов и отходов сточные воды образуются при разложении фенолята натрия серной кислотой. Сточные воды цеха разложения гидроперекиси изопропилбензола (содержат~30 г/л фенола), они попадаются на локальную очистку, которая заключается в экстракции фенола диизопропиловым эфиром или ацетофеноном. Сточные воды подкисляются серной кислотой в резервуаре *3* до pH=1. Отсюда они направляются через усреднитель *4* на орошение в колонну *6* для адсорбции летучих веществ. Экстракция фенола производится

в пульсационных колоннах *7* с прерывистой подачей экстрагента (75 пульсаций в минуту). Соотношение эфира и сточных вод составляет 1:3, степень извлечения фенола из сточных вод при использовании диизопропилового эфира равна 99,3 %, при использовании ацетофенона – 99,6 %.

Экстракт, насыщенный фенолом, поступает на ректификацию для регенерации экстрагента. Ректификация осуществляется в насадочной колонне *8* до остаточного содержания фенола в экстрагенте 1 мг/л. Пары эфира из колонны поступают в дефлегматор *9* и конденсатор *10*; сконденсированный эфир собирается в емкость *14* и возвращается на экстракцию. Регенерированный фенол поступает в емкость *15* и возвращается в производство. Обесфеноленная вода подвергается отпарке от эфира в колонне *12* и после охлаждения в холодильнике *13* сбрасывается в канализацию [3, 4].

Таким образом, в представленной работе проведены экспериментальные исследования по адсорбционной очистке фенолсодержащих сточных вод с использованием гранулированного модифицированного карбонатного шлама (ГрСМ). Предложена технологическая схема очистки СВ ТОО «Актобе нефтепереработка».

Литература

1. Николаева Л.А. Адсорбционная очистка промышленных сточных вод модифицированным карбонатным шламом: автореф. дис. … д-ра техн. наук. Иваново, 2017. 32 с.

2. Николаева Л.А., Голубчиков М.А. Очистка производственных сточных вод от нефтепродуктов модифицированными сорбционными материалами на основе карбонатного шлама // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 7. С. 51–58.

3. Лаптев А.Г. Модели пограничного слоя и расчет тепломассообменных процессов. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2007. 500 с.

4. Ларин Б.М., Бушуев Е.Н. Основы математического моделирования химико-технологических процессов обработки теплоносителя на ТЭС и АЭС. М.: МЭИ, 2000. 310 с.

УДК 621.313.17

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК В КОТЕЛЬНЫХ

Акимов Р.Ю.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
romanakimow@mail.ru
Науч. рук. Ярыш Р.Ф.

Рассмотрены проблемы прекращения электроснабжения потребителей 3-й группы. Предложен способ повышения надежности электроснабжения потребителей.

Ключевые слова: тригенерация, надежность электроснабжения, реконструкция котельных.

В настоящее время часто прибегают к оперативному отключению электроэнергии на трансформаторных подстанциях 6/0,4 кВ (10/0,4 кВ) по причинам реконструкции, переноса, планового ремонта. Как следствие, потребители электроэнергии 3-й группы остаются обесточенными, это сказывается на качестве и надежности предоставляемой электроэнергии.

При одном из выходов из такого положения – прокладке второго кабеля до потребителя от соседней трансформаторной подстанции, может произойти так, что при производстве земельных работ заденут оба этих кабеля. Ведь они все равно будут проходить в непосредственной близости друг от друга.

В наше время существуют тригенерационные установки разной мощности, способные при подаче топлива генерировать электроэнергию, тепловую энергию вместе с еще одним или несколькими полезными компонентами в определенной области. Такое оборудование позволяет при использовании такого же объема топлива получать энергию в больших количествах в разных видах.

Преимущество этих установок в том, что они экономят ресурсы, имеют высокую маневренность, то есть в нужный момент могут быстро запуститься или ускориться,

В больших городах установлено множество котельных для нужд ЖКХ. Практически все их оборудование уже устарело и нуждается в реконструкции. Сейчас проходит период активной их реконструкции, что является толчком к установке в котельных чего-то инновационного.

Для осуществления надежности и непрерывности электроснабжения, на фоне активной реконструкции изношенных котельных предлагается ввести в них тригенерационные установки, рассчитанные на производство электроэнергии, тепловой энергии с абсорбционным узлом для выдачи холодной воды. В свою очередь в жилых домах установить системы автоматического ввода резерва, для автоматического перевода источника питания с трансформаторной подстанции 6/0,4 кВ (10/0,4 кВ) на котельную с тригенерационной установкой.

Литература

1. Преимущества и применение когенерационных установок [Электронный ресурс]. URL: http://www.rosgazenergo.ru/trigen-preim.html (дата обращения: 15.10.2020).

2. Когенерационные газовые электростанции [Электронный ресурс]. URL: http://www.gazecos.ru/description.html (дата обращения: 10.02.2020).

3. Тригенерация [Электронный ресурс]. URL: http://abxm-thermax.ru/primenenie/trigeneraciya/ (дата обращения: 12.02.2020).

4. Когенерация позволяет экономить и зарабатывать [Электронный ресурс]. URL: http://www.cnews.ru/reviews/free/ups2008/articles/gas2.shtml (дата обращения: 15.02.2020).

5. Овчаренко Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учебник для вузов / под ред. А.Ф. Дьякова. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. 504 с.

УДК 621-311.22

КАВИТАЦИОННО-СТРУЙНЫЙ ДЕАЭРАТОР В СИСТЕМАХ ВОЗВРАТА КОНДЕНСАТА ОТДАЛЕННЫХ ВНЕШНИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ТЭС

Барочкин Ю.Е. [1], Зиновьева Е.В.[2], Ледуховский Г.В.[3]
[1-3]ФГБОУ ВО «ИГЭУ», г. Иваново
[1-3]admin@tes.ispu.ru

В рамках исследования определены основные параметры и обоснована эффективность технического решения, предусматривающего установку кавитационно-струйных деаэраторов в системах возврата конденсата внешних потребителей. Разработано математическое описание, позволяющее определять требуемую производительность деаэраторов и кратность рециркуляции воды через них, необходимую в каждом режиме.

Ключевые слова: система возврата конденсата, коррозия, кавитационно-струйный деаэратор, математическая модель.

Наличие технологических систем возврата конденсата пара отдаленных внешних потребителей характерно для теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), работающих в промышленных зонах городов или технопарков. Актуальной задачей для таких систем является разработка мероприятий по обеспечению выполнения нормативных требований к концентрации соединений железа в поступающем на электростанцию конденсате, что возможно только при обеспечении соответствующей защиты элементов системы от внутренней коррозии. Из-за сложностей использования греющего пара, ограничений по габаритным характеристикам, потребности в персонале зачастую отсутствует возможность применения эффективных термических деаэраторов, например «классических» струйно-барботажных деаэраторов ЦКТИ, но является перспективным использование деаэраторов перегретой воды, например кавитационно-струйных (ДКС). Их массообменная эффективность существенно меньше, чем эффективность струйно-барботажных деаэраторов, но ДКС характеризуются малыми габаритами и могут эксплуатироваться практически без участия персонала. Для оценки эффективности такого технического решения требуется выбрать рациональный вариант его реализации и определить влияние работы нового элемента системы – ДКС – на нормируемые химические показатели возвращаемого конденсата.

Для решения задач исследования требуется располагать:

– математической моделью ДКС, которая позволяла бы определять показатели эффективности деаэрации воды при изменении режимных параметров устройства;

– математической моделью коррозионных процессов в системах возврата конденсата, связывающей теплогидравлические параметры работы конденсатопровода и концентрацию растворенного кислорода в конденсате на входе в него с нормируемым параметром – концентрацией соединений железа в конденсате на выходе из конденсатопровода.

Математическая модель ДКС разработана нами ранее [1] и представлена следующими основными соотношениями:

$$\zeta = 1 - \frac{C}{C_0} = 1 - \left(1 + b\frac{Ar}{Ku}\right)^{-1}; \qquad (1)$$

$$Ar = \frac{\rho_{ж}}{\rho_{п}} - 1; \quad Ku = \frac{r}{c_p \Delta t}; \quad b = 0{,}37 - 0{,}18g + 0{,}0070\Delta t_{вх};$$

$$\Delta t_{вх} = t_{вх} - t_s; \quad g = \frac{G}{G_н},$$

где ζ – эффект деаэрации, ед.; C и C_0 – массовые концентрации растворенного в воде кислорода соответственно на выходе и входе ДКС, мкг/дм^3; b – эмпирический поправочный коэффициент; Ar и Ku – критерии Архимеда и Кутателадзе; $\rho_ж$ – плотность воды, кг/м^3; $\rho_п$ – плотность сухого насыщенного пара при давлении в деаэраторе $p_д$, кг/м^3; r – удельная теплота парообразования, кДж/кг; c_p – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·град.); Δt – изменение температуры воды в ДКС, °С; $\Delta t_{вх}$ – начальный перегрев воды перед деаэрационным устройством, °С; $t_{вх}$ – температура воды на входе в ДКС, °С; t_s – температура насыщения при давлении $p_д$, °С; g, – относительная гидравлическая нагрузка ДКС, ед.; G и $G_н$ – соответственно текущая и номинальная гидравлическая нагрузка ДКС; значение r принимается по $p_д$, а $\rho_ж$ и c_p – по средней температуре воды в деаэрационном элементе.

Математическая модель процессов внутренней коррозии в трубопроводах возврата конденсата пара внешних потребителей ТЭС принято по данным [2]. В частности, модель позволяет определить массовую концентрацию продуктов коррозии в пересчете на [Fe] в конденсате на выходе из конденсатопровода (на входе в ТЭЦ) при известных конструктивных характеристиках конденсатопровода (длине, диаметре), расходе и температуре конденсата, закачиваемого в конденсатопровод на стороне потребителя, массовой концентрации растворенного кислорода в этом конденсате и pH_{25} конденсата.

Целесообразным признан вариант установки ДКС по схеме рециркуляции через бак сбора конденсата, что в сравнении с последовательной схемой позволяет уменьшить капитальные затраты (исключить необходимость установки дополнительного конденсатного бака для сбора сливаемой из ДКС воды и дополнительной группы насосов для закачки деаэрированного конденсата в трубопровод возврата), а также обеспечить работу деаэратора в режиме наибольшей эффективности.

В рамках исследования получено математическое описание, позволяющее определять требуемую производительность ДКС и кратность рециркуляции воды через них, необходимую в каждом режиме работы системы. В общем случае расход конденсата, поступающего в бак сбора конденсата G_0, т/ч, может не соответствовать расходу конденсата, возвращаемому на ТЭЦ $G_к$, т/ч (то есть уровень конденсата в баке может увеличиваться или уменьшаться). Для таких условий расчетные выражения для определения требуемого расхода $G_{ДКС\,тр}$ и требуемой кратности рециркуляции конденсата через ДКС $К_{рец.тр}$ примут вид:

$$G_{\text{ДКС тр}} = \frac{1}{\zeta}\left[G_0 \frac{C_0}{C_{\text{тр}}} - G_{\text{к}} \right]; \quad \text{К}_{\text{рец.тр}} = \frac{1}{\zeta} \cdot \left[\frac{G_0}{G_{\text{к}}} \frac{C_0}{C_{\text{тр}}} - 1 \right], \qquad (2)$$

где C_0 и $C_{\text{тр}}$ – соответственно средневзвешенное значение массовой концентрации растворенного кислорода в конденсате, поступающем от потребителей в бак сбора конденсата, и требуемое значение массовой концентрации растворенного кислорода в конденсате, закачиваемом в трубопровод возвратного конденсата, мкг/дм^3.

Эффективность рассматриваемого технического решения оценена по (1)–(2) с использованием экспериментальных данных, полученных на Ивановской ТЭЦ-1 [2]. Для данной электростанции, как и для всех ТЭС среднего давления, проблема обеспечения нормативного химического качества возвратного конденсата особо актуальной: при ненадлежащем его качестве конденсат не принимается, а невозврат конденсата компенсируется увеличением доли химически очищенной добавочной воды в питательной воде котлов; в результате, ввиду протекания процессов термического разложения гидрокарбонатов в котлах, увеличивается содержание в паре свободной углекислоты, что приводит к усилению коррозионных процессов в зонах фазового перехода (в пароиспользующем оборудовании потребителей и системе возврата конденсата), т. е. проблема усугубляется.

По результатам исследований выявлено, что в большинстве режимов работы системы удается обеспечить выполнение нормативных требований по массовой концентрации продуктов коррозии в возвращаемом на ТЭС конденсате (100 мкг/дм^3 [3]).

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании новых и повышении эффективности существующих ТЭС, осуществляющих отпуск пара внешним потребителям.

Литература

1. Исследование начального эффекта при десорбции растворенного кислорода в деаэраторах перегретой воды / Ю.Е. Барочкин [и др.] // Вестник ИГЭУ. 2016. Вып. 5. С. 5–10.

2. Аван В.К. Совершенствование водно-химического режима ТЭЦ среднего давления: дис. … канд. техн. наук. Иваново, 2011. 146 с.

3. Правила технической эксплуатации тепловых электрических станций и сетей Российской Федерации [Электронный ресурс]: утв. Приказом Минэнерго России № 229 от 19 июня 2003 г. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант» (дата обращения: 03.02.2020).

УДК 628.162.5

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВАНАДИЯ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС

Бурганова Ф.И.[1], Зверев Л.О.[2]
[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]СПГУТД, г. Санкт-Петербург
firuzbur15@mail.ru
Науч. рук. Зверева Э.Р.

При сжигании топлива на тепловых электрических станциях в больших количествах образуется зольный остаток, который занимает большие площади, загрязняет атмосферу, водные объекты и почву. В то же время он может служить сырьем для получения некоторых ценных компонентов, например, ванадия. Рассматривается возможность извлечения ванадия путем выщелачивания зольных остатков.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, топливо, ванадий.

Сжигаемые на тепловых электрических станциях и котельных органические топлива являются природными сорбентами, содержащими примеси многих ценных элементов, в том числе и ванадия.

Ванадий принадлежит к числу металлов, являющихся наиболее актуальными для множества сфер человеческой жизнедеятельности. До 80 % этого количества используется для легирования чугунов и сталей. Также ванадий вводится как легирующая добавка в состав конструкционных сплавов титана и алюминия. Оксиды ванадия широко применяются как промышленные катализаторы в нефтехимии, стекольном производстве, текстильной и резинотехнической промышленности.

Потенциальным источником вторичного ванадийсодержащего сырья в России являются твердые продукты сгорания топлива на тепловых электростанциях и котельных, отработанные ванадиевые катализаторы сернокислотного производства, а также нефтешлам и гудрон. Содержание ванадия в техногенном сырье значительно выше, чем в природном, и может служить дополнительным источником получения ванадиевой продукции.

Известны различные способы извлечения ванадия из золошлаковых материалов ТЭС, которые заключаются в их обработке различными химическими реагентами.

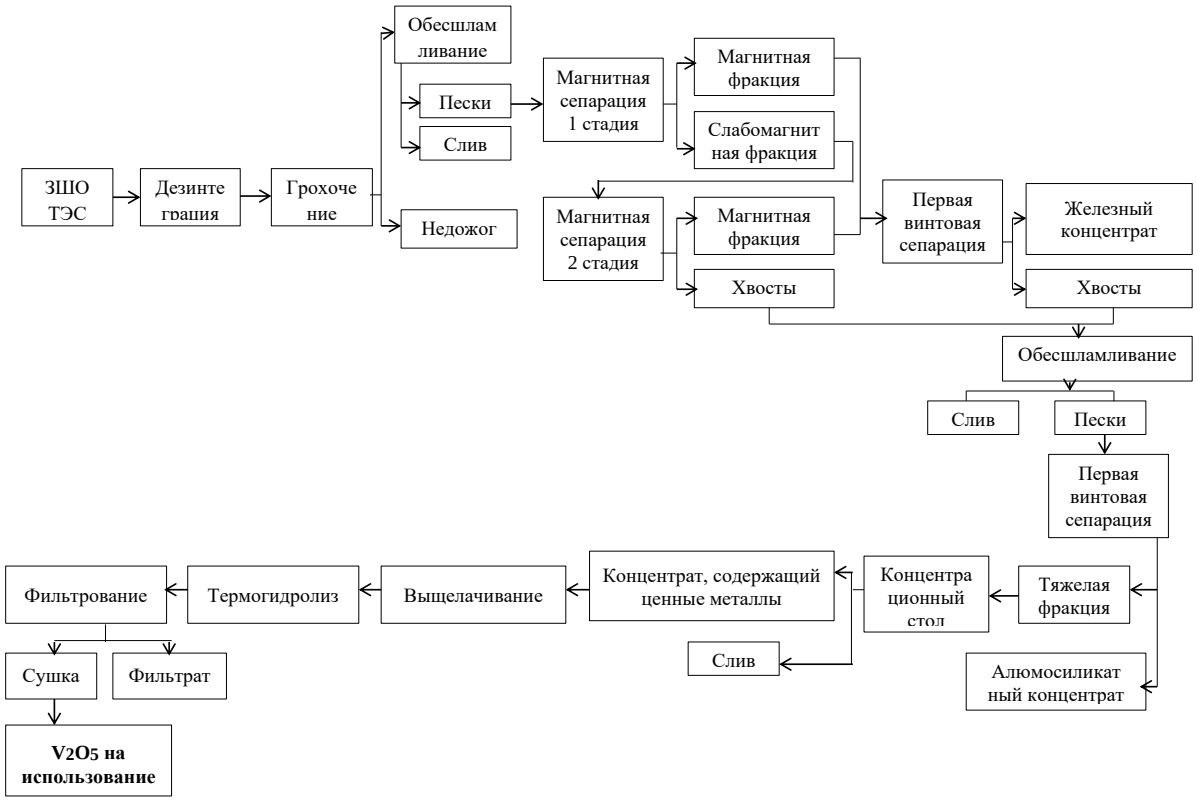
Максимальная степень извлечения ванадия из золошлаковых материалов, образующихся при сжигании топлива, и при одновременном уменьшении вредных газообразных выбросов достигается выщелачиванием золы.

Сущность метода заключается в том, что для извлечения ванадия из данной золы осуществляют термообработку смеси исходной золы с карбонатом натрия и последующее выщелачивание ванадия из полученного спека, при этом исходную золу смешивают с карбонатом натрия и водой, взятых в весовом соотношении 100:(10–60):(35–55), термообработку полученной смеси осуществляют при температуре 110–120 °С в течение двух часов, а выщелачивание ванадия проводят водой при температуре 95–100 °С.

Образующаяся газовая фаза состоит, в основном, из легко конденсируемых водяных паров, таким образом для очистки газовых выбросов не требуется дополнительных ресурсо- и энергозатратных мероприятий.

Образующийся осадок выщелачивается водой. Получаемые растворы с pH = 1,5…2 нагреваются до кипения. При этом из раствора выделяется осадок гидратированной пятиокиси ванадия. Разложение исходной золы содовым раствором позволяет получить достаточно чистую пятиокись ванадия. Извлечение ванадия из раствора составляет 65,2–74,5 % в зависимости от количества используемого карбоната натрия (10–60 % от массы золы).

Технологическая схема комплексной переработки золошлаковых отходов, образующихся на тепловых электростанциях, позволит извлечь полезные металлы: железо, алюминий, ванадий (см. рисунок) [1, 2].



Технологическая схема переработки золошлаковых отходов тепловых электростанций

Литература

1. Комплексный метод утилизации золошлаковых отходов тепловых электростанций / Э.Р. Зверева [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. № 2. С. 15–27.

2. Перспективность утилизации ванадийсодержащих отходов предприятий, использующих в качестве топлива мазут / И.М. Жарский [и др.] // Труды БГТУ. Химия и технология неорганических материалов и веществ. 2012. № 3. С. 3–7.

УДК 621.18

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ГТУ GENERAL ELECTRIC PG6111FA НА КОНДЕНСАЦИОННОМ РЕЖИМЕ В РАЗНОЕ ВРЕМЯ СУТОК

Гайфуллин А.И.[1], Кабатов И.В.[2]

[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]gaifullin.artur95@mail.ru, [2]ikabatoff@yandex.ru

Науч. рук. Титов А.В.

Газовая турбина PG6111FA специально сконструирована для работы в парогазовом цикле. Тепло горячих выхлопных газов от ГТ используется в КУ для получения перегретого пара. На базе программы АС ГРЭТ была выполнена модель газотурбинной установки, а именно: сформирован облик установки, сформирована математическая модель и произведены расчеты относительно данных, которые были получены на ТЭЦ-2 по работе ПГУ, в которую входит данная ГТУ. Расчеты основных параметров производились на конденсационных режимах дня и ночи.

Ключевые слова: мощность, ГТУ, работоспособность, зависимость, расход.

Газотурбинная установка является одновальным осевым турбоагрегатом, оснащенным 18-ступенчатым компрессором с одним рядом поворотных направляющих лопаток на входе в компрессор, шестью камерами сгорания, а также 3-ступенчатой турбиной с воздушным охлаждением на всех трех сопловых ступенях и на двух первых лопастных ступенях. Привод генератора осуществляется через понижающий редуктор на переднем конце вала компрессора. Газовая турбина PG6111FA специально сконструирована для работы в парогазовом цикле. Тепло горячих выхлопных газов от ГТ используется в КУ для получения перегретого пара.

Для исследования работоспособности ГТУ, использовалась программа АС ГРЭТ. На базе программы АС ГРЭТ была выполнена модель Газотурбинной установки, а именно: сформирован облик установки, сформирована математическая модель и произведены расчеты относительно данных, которые были получены на ТЭЦ-2 о ПГУ, в которую входит данная ГТУ.

Расчеты основных параметров производились на конденсационных режимах дня и ночи. Полученные результаты представлены в виде графиков зависимости суммарного (рис. 1) и удельного (2) расходов топлива, а также степени повышения давления (рис. 3) от мощности.

Рис. 1. Зависимость суммарного расхода топлива от мощности

Рис. 2. Зависимость удельного расхода топлива от мощности

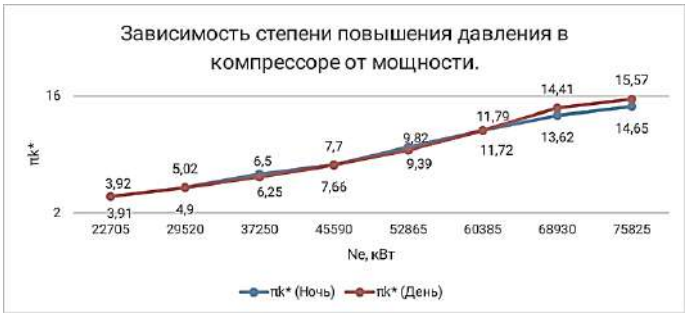


Рис. 3. Зависимость степени повышения давления в компрессоре от мощности

Литература

1. Буров В.Д., Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки ТЭС. М.: Издательский дом МЭИ, 2009. 584 с.

2. Зысин Л.В. Парогазовые и газотурбинные тепловые электростанции: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. 358 с.

3. Энергетический паспорт Казанской ТЭЦ-2 филиала ОАО «Генерирующая компания». ООО Инженерный центр «Энергопрогресс», 2009.

4. Осипов Б.М., Титов А.В. Автоматизированная система газодинамических расчетов энергетических машин [Электронный ресурс]. URL: https://kgeu.ru/Home/Page/278?idShablonMenu=1014 (дата обращения: 05.02.2020).

5. ОАО «Генерирующая компания» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: http://www.tatgencom.ru/ (дата обращения: 05.02.2020).

УДК 621-313.3

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ЖИДКОГО КОТЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Камалова Г.И.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
aminevagi.stn@mail.ru
Науч. рук. Зверева Э.Р.

Предложены способы обезвоживания мазута сепарированием и добавлением деэмульгаторов. Проведены расчеты экономической эффективности каждой схемы обезвоживания мазута. Представлены результаты технико-экономического расчета.

Ключевые слова: мазут, мазутное хозяйство ТЭС, обезвоживание мазута, деэмульгатор.

В настоящее время с ростом выпуска высококачественных нефтепродуктов и по мере углубления переработки нефти качество мазута, который используется на тепловых электрических станциях, ухудшается.

В процессе добычи, транспортировки, хранения и глубокой переработки нефти в состав высоковязких тяжелых топочных мазутов попадают твердые минеральные примеси. В процессе крекинга нефтепереработки образуются высокореакционные соединения непредельных углеводородов, в том числе асфальто-смолистые вещества, которые могут превращаться в высокомолекулярные циклические соединения – асфальтены, которые

при дальнейшем окислении образуют карбоиды (малорастворимые вещества) и карбены (нерастворимые). Карбены и карбоиды увеличивают нестабильность жидкого топлива из-за их склонности коагулировать и осаждаться при отстаивании. При длительном хранении мазута осадок покрывает подогреватели, что приводит к значительному увеличению термического сопротивления и снижению их производительности [1, 2].

Снижение качества мазута для потребителя означает ухудшение его физической стабильности и уменьшение эффективности горения.

При повышенном содержании влаги ухудшаются условия сжигания мазута, факел становится нестабильным, выгорание мазута – неполным, увеличивается количество вредных веществ в продуктах сгорания, снижается теплота сгорания мазута.

При перегрузке и хранении мазута традиционными способами потребитель получает мазут с повышенным содержанием влаги. Небольшое количество влаги находится в мазуте в мелкодисперсном состоянии, что способствует процессу горения, хотя теплота сгорания топлива снижается. Допустимое содержание влаги в мазуте – 0,3…1,5 % [3].

Были рассмотрены две схемы обезвоживания мазута: с использованием центробежного сепаратора и деэмульгатора. Сепарирование топлива осуществляется в сепараторах, действие которых основано на отделении механических примесей и воды благодаря центробежным силам, возникающим из-за большой частоты вращения барабана. Деэмульгаторы изменяют поверхностное натяжение на границе раздела фаз за счёт входящих в их состав поверхностно-активных веществ (ПАВ) и микроэмульсия подвергается разрушению [4]. Характеристика деэмульгаторов приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика деэмульгаторов

Показатель	Рекорд-118	Проксамин-365	Дипроксамин
Растворимость	Хорошо растворим в спирте и бензоле, плохо – в воде	Хорошо растворим в спирте, воде и бензоле	Хорошо растворим в спирте и бензоле, плохо – в воде
Температура, °С:			
вспышки	150	45	305
застывания	–50	–38	–45
Плотность, кг/м^3	980	1038	1030

Для внедрения той или иной схемы подготовки топлива необходимо провести оценку ее экономической эффективности. Для определения наиболее эффективного способа топливоподготовки с экономической точки зрения были рассчитаны капитальные и эксплуатационные затраты для каждого из вариантов. Обобщенные результаты технико-экономического расчета для наглядности приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты технико-экономического расчета

Тип схемы	Затраты, тыс. руб.	
	капитальные	эксплуатационные
С центробежным сепаратором	291,6	78,139
С использованием деэмульгатора «Рекод-118»	254,4	210,327
С использованием деэмульгатора «Дипроксамин-157»	254,4	2841,397
С использованием деэмульгатора «Проксамин-365»	254,4	427,427

Анализируя результаты расчета, приведенные в табл. 2, можно отметить, что капитальные затраты на реализацию схемы с центробежным сепаратором превышают капитальные затраты на схему с использованием деэмульгатора, однако разность составляет всего 15 %.

На основе данных расчетов можно сделать вывод, что применение центробежного сепаратора в настоящее время является более эффективным мероприятием с экономической точки зрения, по сравнению с использованием деэмульгаторов. Однако сопоставима степень обезвоживания мазута при использовании указанных методов. Поэтому целесообразен поиск и синтез новых деэмульгаторов по более доступным ценам.

Литература

1. Зверева Э.Р. Присадки к топочным мазутам // Проблемы энергетики. 2011. № 1-2. С. 7–17.

2. Кузнецов А.В. Топливо и смазочные материалы. М.: Колос, 2004. 199 с.

3. ГОСТ 10585-2013 Топливо нефтяное. Мазут. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 14 с.

4. Исследование влияния многофункциональной присадки на эксплуатационные свойства мазутов / Э.Р. Зверева [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2009. № 11. С. 16–21.

УДК 662.75:[661.2+661.938]

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ОКСИДОВ СЕРЫ И ОСКИДОВ АЗОТА

Латыпова Д.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
dinara-latypova-00@mail.ru
Науч. рук. Зверева Э.Р.

Приведены различные методы снижения токсичных оксидов при сжигании мазута на тепловых электрических станциях, выявлены их положительные и отрицательные характеристики, описаны химические реакции их образования.

Ключевые слова: дымовые газы, мазут, экология, оксиды серы, оксиды азота.

В наши дни большое внимание уделяется состоянию окружающей среды и её защите. Одним из важных факторов, влияющих на окружающую среду, является качество атмосферного воздуха. Проблема обеспечения энергетической эффективности и экологической безопасности энергообъектов является многоцелевой и многозначной. Это связано с необходимостью определения уровня использования топливно-энергетических ресурсов, технического состояния оборудования энергообъектов, с применением природоохранных мероприятий и т. п. Сложность решения данной проблемы обусловлена широким спектром определяющих параметров, факторов и показателей экологической опасности.

С целью минимизации вредных выбросов в атмосферу, вводятся новые технологии для очистки топлива перед сжиганием и очистки дымовых газов от серо и азотосодержащих примесей.

В настоящий момент существует два основных направления снижения выбросов оксидов серы на ТЭС: предварительное снижение серы перед сжиганием (десульфуризация топлива) и очистка дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу с помощью специальных установок [1].

Первый способ является перспективным направлением снижения выбросов оксидов серы, так как не возникают проблемы с дальнейшим прохождением по тракту котла оксидов и повышается экономичность сжигания. Но этот процесс является сложным и дорогостоящим, поэтому наиболее распространенным является метод очистки дымовых газов в сероулавливающих установках [2].

Очистку дымовых газов можно разделить на три главные группы:

– процессы с применением жидких поглотителей – абсорбционные (мокрые);

– процессы, основанные на взаимодействии газа с твердым веществом – адсорбционные;

– хемосорбционные, при этом процессе происходит химическое связывание с твердым материалом.

Самым распространенным методом в мире является мокрый абсорбционный, при этом способе используется известняк или известь. В основе метода мокрой абсорбционной очистки дымовых газов лежит нейтрализация сернистой кислоты, получающейся в результате растворения диоксида серы, содержащегося в дымовых газах, гидратом окиси $Ca(OH)_2$ (известью) или карбонатом кальция $CaCO_3$ (известняком) [3]:

$$H_2SO_3 + Ca(OH)_2 = CaSO_3 + 2H_2O$$

$$H_2SO_3 + CaCO_3 = CaSO_3 + H_2O + CO_2$$

Но наиболее токсичными являются оксиды азота, поэтому проблема снижения их концентрации в уходящих газах энергетических котлов была и остаётся актуальной. В зависимости от степени окисления образуются различные соединения азота с кислородом: гемиоксид N_2O, оксид NO, азотистый ангидрид N_2O_3, диоксид NO_2, тетраоксиддиазота N_2O_4 и азотный ангидрид N_2O_5. С экологической точки зрения практическое значение имеют оксид и диоксид азота, сумму которых, как правило, обозначают как NO_x. Другие оксиды азота являются малоустойчивыми соединениями, вследствие чего присутствие их в земной атмосфере ничтожно мало. При сгорании органического топлива в котлах тепловых электростанций и в других топливоиспользующих агрегатах образуется главным образом оксид азота NO, доля диоксида азота NO_2 составляет обычно 2–5 % от суммарного содержания оксидов азота NO_x. Однако в шлейфе дымовых газов происходит доокисление NO до более токсичного NO_2.

Механизм окисления NO до NO_2 представляется в виде трёх возможных реакций:

$$NO + O_3 = NO_2 + O_2 \quad (1)$$

$$NO + O_2 = 2NO_2 \quad (2)$$

$$O + RO_2 = NO_2 + RO. \quad (3)$$

Реакция (2) существенна только при высоких концентрациях NO. Такие условия наблюдаются в случаях низкой интенсивности процессов перемешивания дымовых газов с окружающим воздухом (например,

при безветрии). Источником оксидов азота может быть молекулярный азот воздуха, используемый в качестве окислителя при горении, или азотсодержащие компоненты самого топлива. В связи с этим принято делить оксиды азота на воздушные и топливные.

Методы снижения NO_x:

1) снижение максимальной температуры:

а) рециркуляция дымовых газов;

б) впрыск влаги;

в) снижение температуры горячего воздуха;

г) секционирование топки двусветными экранами;

д) рассредоточение факела по высоте топки.

2) Снижение концентрации окислителя:

а) нестехиометрическое сжигание;

б) ступенчатое сжигание;

в) горелки с затянутым смесеобразованием;

г) горелки с регулируемой подачей первичного воздуха.

Литература

1. Зверева Э.Р., Фарахов Т.М. Энергоресурсосберегающие технологии и аппараты ТЭС при работе на мазутах. М.: Теплотехник, 2012. 180 с.

2. Разва А.С. Природоохранные технологии в промышленной теплоэнергетике: лекции по курсу. Томск: НИТПУ, 2010. 30 с.

3. Белосельский Б.С., Покровский В.Н. Сернистые мазуты в энергетике. М.: Энергия,1969. 420 с.

УДК 621.311

ПОДГОТОВКА ВОДЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЭНЕРГЕТИКИ

Макушин А.Н.[1], Скобелев Н.А.[2]

[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]mackushin1995@mail.ru, [2]zabor.nikita@bk.ru

Науч. рук. Ахметшин А.Р.

Водоподготовка в энергетике чрезвычайно важна, так как с водой работают постоянно. Такая работа требует и соответствующего качества воды. Если использовать некачественную жесткую воду, то на производстве возникают проблемы, которые приходится решать незамедлительно с привлечением финансовых средств.

Ключевые слова: водоподготовка, теплоэлектроцентраль, жесткая вода, накипь, тепловая электростанция.

Главный недостаток производства энергии на тепловой электростанции – образование твердого осадка, выпадающего при нагреве воды. Чтобы очистить систему, потребуется остановка и разборка всего оборудования.

Основной недостаток накипи – снижение теплопроводности. Даже ее незначительный слой приводит к большому расходу топлива.

Справиться с перечисленными проблемами поможет водоподготовка в энергетике.

Стадии водоподготовки на тепловой электростанции:

– осветление, механическая фильтрация и ультрафильтрация;

– выбор оптимальной технологии обессоливания для конкретной тепловой электростанции зависит от конечных требований и исходного качества воды. Может использоваться методика обратноосмотического обессоливания, ионного обмена или нанофильтрации;

– глубокое обессоливание выполняется по технологии мембранной электроионизации, а также с использованием ионообменных фильтров смешанного действия;

На ТЭС устанавливают множество фильтров. Основная задача – найти оптимальное сочетание разных фильтров. Вода на выходе должна быть смягченной и обессоленной.

Способ обработки воды оказывает сильное влияние на работу теплоснабжения. От него зависят экономические показатели эксплуатации и защитная функция системы. При строительстве или плановом ремонте ТЭЦ нужно уделять особое значение водообработке.

Литература

1. Аксенов В.И. Локальные замкнутые системы водопользования промышленных предприятий // ЭКиП: Экология и промышленность России. 2005. № 3. С. 14–16.

2. Алексеев Е.В. Особенности сточных вод, содержащих поверхностно-активные вещества // БЖД. 2006. № 11. С. 18–21.

3. Баглай С.В. Биохимическая очистка промышленных сточных вод // ЭКиП: Экология и промышленность России. 2002. № 3. С. 9–11.

4. Буренин В.В. Очистка производственных сточных вод от взвешенных частиц и других вредных примесей // БЖД. 2007. № 3. С. 14–22.

5. Пашкевич М.А., Петрова Т.А. Совершенствование системы очистки сточных вод // Безопасность жизнедеятельности. 2004. № 7.

УДК 628.3

СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ АНИОННЫХ СПАВ КАРБОНАТНЫМ ШЛАМОМ

Мансуров Д.Р.[1], Гилязов А.И.[2]
[1-3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]mansurov.dan@yandex.ru, [2]keni82590@gmail.com, [3]imreginaiskh@gmail.com
Науч. рук. Исхакова Р.Я.[3]

Представлены способы очистки сточных вод от анионных синтетических ПАВ, особое внимание уделяется методу адсорбции отходами производства. Подробно исследована возможность адсорбционной очистки сточных вод от анионных СПАВ с использованием шлама водоподготовки в качестве сорбционного материала. Установлена сорбционная способность карбонатного шлама по отношению к исследуемым примесям.

Ключевые слова: СПАВ, сточные воды, очистка, методы, адсорбция, отходы теплоэнергетики, карбонатный шлам.

Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) находят широкое применение в промышленности и в быту в качестве моющих средств. Попадая со сточными водами в водоемы, они вызывают вспенивание, ухудшают органолептические свойства воды, нарушают процессы обмена кислорода, токсически действуя на фауну [1].

СПАВ обладают пенообразующей способностью. Однако при высокой концентрации СПАВ высокая пенообразующая способность препятствует процессу очистки воды, а также негативно влияет на тепломассообмен водоёма с атмосферой. При попадании СПАВ в воду на ее поверхности образуется слой пены, который снижает поступление кислорода из воздуха в воду (на 15–20 %), замедляет осаждение и разложение взвесей, процессы минерализации органических веществ, и тем самым ухудшает процессы самоочищения и т.д. [2].

Для очистки сточных вод с невысоким содержанием СПАВ широко применяются метод адсорбции на активных углях; методы с использованием ионообменных смоли полимерных адсорбентов; методы обратного осмоса; биохимические методы очистки (биоокисление и биосорбция); флокуляция; методы электрокоагуляции; метод озонирования и т. д.

Адсорбция является перспективным методом в связи с высокой эффективностью очистки сточных вод. В случае использования активных углей возникает проблема регенерации дорогостоящих сорбентов. Поэтому в настоящее время проводятся работы в области исследования свойств отходов производства для использования их в качестве сорбционных материалов, так как они являются доступными и дешевыми, при этом могут характеризоваться высокой эффективностью.

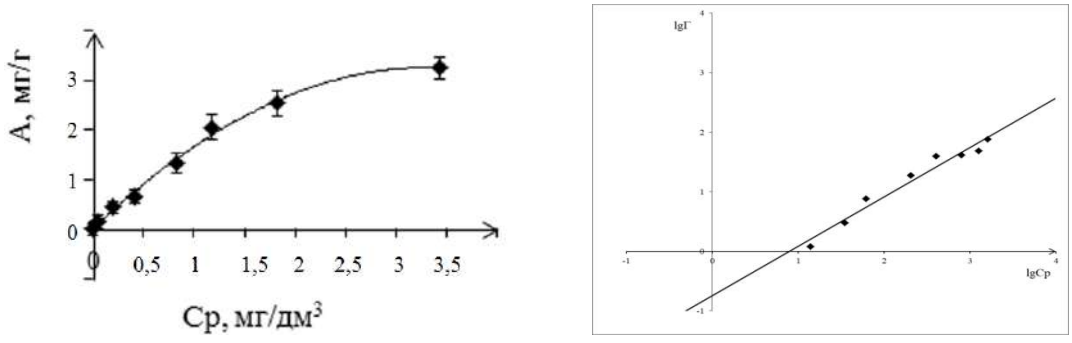
В настоящее время на ТЭЦ на стадии предварительной очистки воды образуется карбонатный шлам, который является отходом и вывозится на шламонакопители. Это приводит к отчуждению земель и загрязнению окружающей природной среды. Поэтому разработка способов рационального вторичного использования подобных отходов является актуальной задачей. Ранее в работах [3] установлена высокая сорбционная способность по отношению к фенолам, аммонийному азоту, органическим примесям, нефтепродуктам и др.

Целью исследования является выбор сорбционного материала из существующих отходов ТЭС и изучение его сорбционной способности по отношению к анионным СПАВ, которые являются примесью, оказывающей значительное влияние на гидрохимический режим водоема.

В работе предлагается использование карбонатного шлама осветлителей в качестве сорбционного материала для очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод от анионных СПАВ.

Для исследования сорбционной способности шлама были проведены экспериментальные исследования на модельных растворах анионных СПАВ различной концентрации. Сорбционная емкость шлама определялась в статических условиях при интенсивном перемешивании в течение двух часов. Концентрация анионных СПАВ после сорбционной очистки определялась спектрофотометрическим методом на КФК-3.

По результатам эксперимента получены изотерма сорбции, представленная на рис. 1, *а*, а также ее логарифмический вид (рис. 1, *б*).



а *б*

Рис. 1. Изотермы сорбции анионных СПАВ: *а* – экспериментальные исследования; *б* – логарифмический вид

Как видно из рис. 1, изотерма адсорбции относится к 1-му типу по классификации БЭТ. Из этого следует, что в карбонатном шламе присутствуют микропоры. Начальный участок кривой описывается линейной зависимостью по закону Генри, затем кривая выходит на равновесие, что соответствует теории Ленгмюра об образовании мономолекулярного слоя на поверхности сорбента. Повышение концентрации анионных СПАВ приводит к насыщению шлама и достижению сорбционного равновесия, адсорбционная емкость материала по анионным СПАВ составляет 2,7 мг/г. Изотерма описывается уравнением Фрейндлиха:

$$A = 5,5 \cdot C_p^{0,509}, \quad (1)$$

которое в логарифмической форме принимает вид:

$$\lg A = \lg 5,5 + 0,509 \lg C_p. \quad (2)$$

Таким образом, полученные изотермы адсорбции свидетельствуют о возможности использования карбонатного шлама в качестве сорбционного материала для повышения качества очистки сточных вод от анионных СПАВ. Представленные в настоящей работе результаты исследования объединяют два эколого-ориентированных направления: эффективная очистка сточных вод доступным материалом, и утилизация шлама водоподготовки ТЭС.

Исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда № 18-79-10136.

Литература

1. Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Техника защиты атмосферы и гидросферы от промышленных загрязнений: учеб. пособие. Барнаул: Изд-во «Алтай», 2000. 395 с.

2. Роль поверхностно-активных веществ в электрофлотационном процессе извлечения гидроксидов и фосфатов меди, никеля и цинка / А.В. Колесников [и др.] // Теорет. основы хим. технологии. 2015. Т. 49, № 1. С. 3.

3. Николаева Л.А., Исхакова Р.Я. Экологические аспекты утилизации твердых промышленных отходов: монография. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. 120 с.

УДК 621.51

К ВОПРОСУ ПОДГОТОВКИ ТОПЛИВНОГО ГАЗА ДЛЯ ПАРОГАЗОВЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ

Марьин Г.Е.[1,2], Менделеев Д.И.[1,2]
[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]АО «Татэнерго» филиал Казанская ТЭЦ-2, г. Казань
george64199@mail.ru, Dylankn@ya.ru

Рассмотрено вспомогательное оборудование, которое используется для подготовки газа, а именно выполнение минимальных требований при подготовке топливного газа для сжигания и доведения их до рабочих параметров, необходимых для работы газовой турбины. В частности, сопоставляются дожимные компрессорные станции российского и иностранного производства.

Ключевые слова: ТЭС, ТЭЦ, парогазовый блок, газовая турбина, дожимная компрессорная станция, топливный газ, пункт подготовки газа.

В данный момент очень актуальна проблема морального и физического старения парка энергетического оборудования, поэтому парогазовые установки (ПГУ) являются основным типом оборудования при модернизации оборудования тепловых электростанций (ТЭС), а также источников новой генерации. Замена и модернизация устаревших мощностей тепловых электрических станций газотурбинными установками процесс объективный и закономерный. Это обусловлено более высоким КПД бинарных циклов по сравнению с классическими паротурбинными циклами.

Основным видом топлива для газотурбинных установок, входящих в состав парогазовых установок, является природный газ, подготовка которого – отдельная и немаловажная часть технологического процесса производства [1]. Природный газ, перед подачей в газовую турбину очищается от примесей, влаги и доводится до рабочих параметров (давление, температура, влажность) в дожимных компрессорных установках.

Компрессорная установка предназначена для сжатия технологического газа до значения, которое определяется требованиями нормальной работы ГТУ и рассчитана для непрерывной, круглосуточной работы не менее 8000 часов в году.

Существуют различные производители дожимных компрессорных станций. Они производится на заводах в Швейцарии, Германии, Франции, Турции, США, Японии, Кореи и России. Для сравнения выбраны: центробежный четырехступенчатый компрессор Атлас Копко TP10T43D1 (США) и компрессор центробежный ГЦК 95/5-32 К У1 (Россия).

Обе установки используется для подготовки топливного газа в одной технологической схеме (для одной и той же ГТУ), а, следовательно, и эксплуатируются в одинаковых условиях.

Поэтому сравнение двух установок различных производителей как по характеристикам, так и по эксплуатационным показателям весьма интересная и актуальная задача. В таблице приведены основные характеристики компрессоров, которые используется в подготовке газа для работы ГТУ PG6111FA (в составе ПГУ-110 МВт [2]).

Сравнение технических характеристик центробежных компрессоров

Наименование параметра	Ед. изм.	Атлас Копко TP10T43D1	ГЦК 95/5-32 К У1
Количество ступеней	шт.	4	8
Тип уплотнений	–	газовые сухие торцевые	
Рабочая (компримируемая) среда	–	природный газ	
Номинальная мощность на валу	кВт	2100	2490
Скорость вращения вала	об./мин	18000	12 883
Номинальная производительность*	кг/ч	17000	
Максимальная производительность	кг/ч	18000	18100
Номинальное давление газа на входе (изб.)	МПа (кгс/см^2)	0,39 (3,9)	
Номинальная температура газа на входе	°С	15	
Номинальное давление на выходе (изб.)	МПа (кгс/см^2)	3,0 (30)	3,04 (31),
Номинальная температура газа на выходе после концевого теплообменника	°С	45	50
Уплотнительный газ	–	азот	
Номинальное давление азота (изб.)	МПа (кгс/см^2)	0,8 (8,0)	0,3 (3,06)…0,69 (7,0)
Номинальный расход уплотнительного газа	Нм^3/ч	39,5	20

* Диапазон изменения производительности от 0 до 110% обеспечивается за счет дросселирования газа на всасывании и перепуска газа с нагнетания на всасывание компрессора через регулирующий клапан.

В процессе эксплуатации будут важны следующие характеристики: номинальная мощность на валу и производительность, которые будут влиять на такой важный параметр как удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии (вследствие затрат энергии на собственные нужды в отношении к отданной энергии) [3, 4].

Косвенный фактор – вопрос технического обслуживания ДКС – как периодического, так и постоянного. Из-за различий в конструкциях, производителях, объём ТО, его сроки и, соответственно, общая стоимость будет различна, что является очень важным показателем, который повлияет на стоимость конечного продукта.

В работе рассмотрены основные характеристики оборудования, влияние эксплуатации на работу дожимных компрессоров в составе энергоблоков ПГУ. Сравнение энергетических характеристик дожимных компрессоров позволяют выбрать оптимальный вариант для надежной, эффективной работы строящихся и модернизирующихся станций, что окажет влияние на показатели экономичности и стоимость конечного продукта.

Литература

1. Marin G.E., Mendeleev D.I. and Akhmetshin A.R. Analysis of changes in the thermophysical parameters of the gas turbine unit working fluid depending on the fuel gas composition // International multi-conference on industrial engineering and modern technologies. Vladivostok, 2019. Pp. 1–4.

2. Менделеев Д.И., Марьин Г.Е., Ахметшин А.Р. Показатели режимных характеристик парогазового энергоблока ПГУ-110 МВт на частичных нагрузках // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. № 3 (43). С. 47–56.

3. Котович Й., Иов М., Бжечек М. Характеристики ультрасовременных электростанций комбинированного цикла // Энергетика. 2015. № 92. С. 197–211.

4. Радин Ю.А., Фролов М.С. Ограничения регулировочного диапазона нагрузок энергоблока ПГУ-325 // Надежность и безопасность энергетики. 2017. № 1 (1). С. 53–59.

УДК 621.438

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО КПД НА ГАЗОВЫХ ТУРБИНАХ И ИХ МАРКАХ

Мустаева Э.Ш.[1], Салихов Т.Л.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]grungemus04@mail.ru, [2]timas997@mail.ru
Науч. рук. Титов А.В.

Рассмотрен способ повышения эффективного КПД для усовершенствования работы установки на примере модификации распространенных марок ГТУ V64.3A и ГТЭ-115. Исследования были проведены на базе системы АС ГРЭТ. Представлены результаты оптимизации параметров ГТУ путем добавления в общую схему промежуточного подогрева.

Ключевые слова: моделирование, газовая турбина, промежуточный подогрев, эффективный КПД

В последние годы газотурбинные установки получают все более широкое применение [1, с. 3–13]. Темп технического прогресса установок напрямую зависит от их совершенствования. Современные газотурбинные установки относятся к числу сложнейших технических объектов, которые характеризуются большим числом конструктивно-схемных решений. Процесс создания и совершенствования ГТУ в настоящее время уже немыслим без применения ЭВМ и математических моделей. С использованием моделирования предоставляется возможность решения широкого круга задач, как, например, выбор оптимальных параметров рабочего цикла, расчет и анализ характеристик двигателя, при этом позволяя существенно сократить натурные испытания [2, с. 185–189].

Одним из основных требований, предъявляемых к газовым турбинам, является высокий эффективный КПД, который может достигаться с помощью оптимизации параметров установки [3, с. 3–8]. В качестве обзора такого способа были проведены исследования на базе системы АС ГРЭТ с помощью современного метода – моделирования. Ценность исследования заключается в возможности получения результатов на конкретных марках ГТУ. Рассмотрим на примере установок V64.3A и ГТЭ-115, имея начальные параметры. Причина выбора данных энергетических установок связана с популярностью их использования в энергетике.

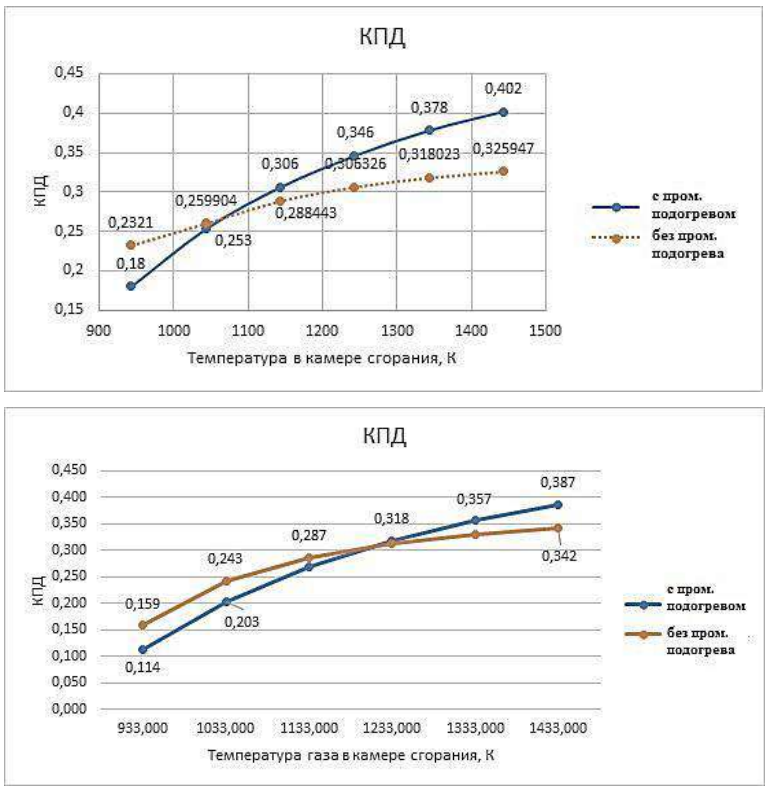
Выходные газы турбины на выбранных установках имеют высокую температуру (соответственно 531 и 520 °С), именно это значение позволяет произвести модификацию, с изменением параметров, влияющих на рост

эффективного КПД. Усовершенствование установок заключается в добавлении промежуточного подогрева воздуха на входе в камеру сгорания. Используя этот способ, не нужно конструктивно менять всю установку, предлагается лишь удлинить вал из-за включения в схему теплообменного аппарата на выходе из компрессора. Теплообменник холодной стороной забирает часть тепла выходных газов после турбины, направляя на нагрев воздуха перед камерой сгорания.

После описанной манипуляции, у обеих выбранных установок наблюдается уменьшение температуры воздуха на выходе их переходного канала, что немаловажно, так как первоначальная высокая температура газов на выходе из установки несла за собой негативное экологическое воздействие на окружающую среду. В том числе увеличилась температура газа на входе в камеру сгорания, что повлекло за собой снижение расхода топлива ($G_т$):

$$\eta_э = \left(N_c / Hu \cdot G_m\right) \cdot 3600.$$

При анализе данных, описанных выше, используя формулу расчета эффективного КПД (1), можно установить его повышение в связи с уменьшением расхода топлива (см. рисунок). Следовательно, после модификации выбранных марок эффективный КПД повысился, что однозначно благоприятно сказывается на работе ГТУ.



Графики зависимости КПД от температуры в камерах сгорания ГТЭ-115 (*сверху*) и V64.3A (*снизу*)

Результаты проведенного исследования показали, что предложенный способ использования промежуточного подогрева воздуха можно рекомендовать для повышения эффективного КПД газотурбинных установок при условии высокой температуры газов после турбины. В свою очередь, повышение эффективного КПД позволяет сделать применение газотурбинных установок более экономичным.

Литература

1. Рудаченко А.В., Чухарева Н.В., Байкин С.С. Газотурбинные установки: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 139 с.
2. Шигапов А.Б. Стационарные газотурбинные установки тепловых электрических станций: учебное пособие. 2-е изд., доп. и перераб. - Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2009. 415 с.
3. Осипов Б.М., Титов А.В. Автоматизированная система газодинамических расчетов энергетических турбомашин: учеб. пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2012. 277 с.

УДК 666.76

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОЙ КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ УСТАНОВКИ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА

Набиуллина М.Ф.[1], Лаптев С.А.[2]

[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]madinanabiullina@yandex.ru, [2]laptserga@yandex.ru

Науч. рук. Лаптев С.А.

Предложена схема многофункциональной установки для очистки отработанных масел от воды, газов, химических и механических примесей.

Ключевые слова: регенерация, очистка, отработанное масло, маслоочистительная установка, центробежная сепарация.

Для продления срока службы энергетического оборудования необходима своевременная замена смазочного масла. Традиционно отработанное масло сливают и регенерируют. В случае невозможности регенерации и повторного использования масло отправляется на утилизацию и в энергооборудование заливается новое масло.

Регенерация энергетических масел осуществляется различными методами: физическими, физико-химическими и химическими. Анализ литературы показывает, что наиболее практичными технологиями очистки отработанных масел является отстаивание и центробежная сепарация [1]. Несмотря на некоторые недостатки, аппараты центробежного типа можно использовать для комплексной очистки, организуя в них комбинацию различных методов регенерации масла.

При разработке установки очистки возникает вопрос очистки отработанных смазочных масел от влаги и различных химических примесей. Также в отработанном масле содержатся механические примеси в виде осадка или во взвешенном состоянии.

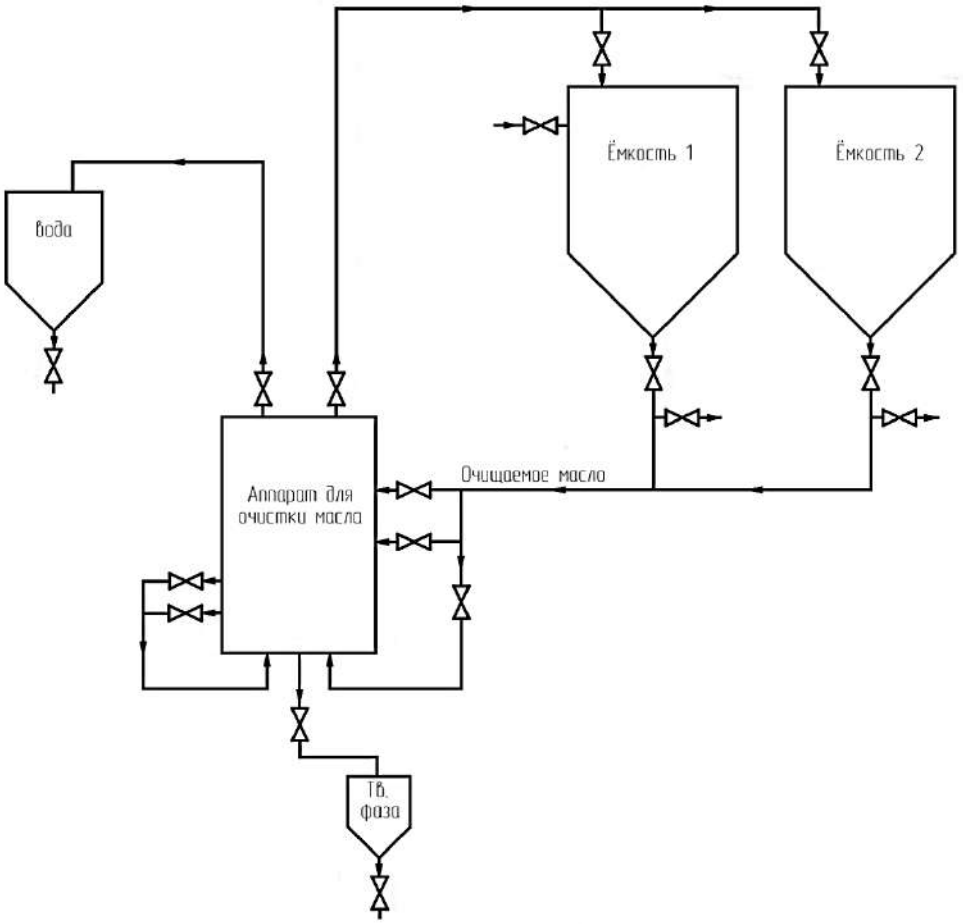
Для рациональной технологической схемы установки с рециркуляцией жидкой фазы был использован аппарат с комбинацией движущих сил различных полей: гравитационного, центробежного, магнитного.

Для избирательного воздействия на имеющиеся в масле загрязняющие примеси предлагаемый аппарат разбит на несколько функциональных зон: зона подогрева и смешивания масла с экстрактивными растворителями; зона коагуляции взвешенных частиц и осадков; зона центробежной и магнитной сепарации твердой фазы; зона центробежного отстаивания; области нагнетания для перемещения фаз из одной зоны в другую.

Для подачи жидкости в аппарат использовалось гравитационное поле. Для перемещения жидкости между различными функциональными зонами внутри аппарата использовался перепад давления, создаваемый в промежуточном нагнетателе. Принцип создания вращающимся ротором скоростного напора, использовался для транспортировки жидкой фазы внутри аппарата, а также из аппарата обратно в буферные емкости. Магнитное поле, сформированное постоянными магнитами, использовалось для повышения эффективности улавливания твердых ферромагнитных частиц.

Непрерывно-периодическая схема отвода очищаемой фазы (см. рисунок) попеременно в две накопительные ёмкости позволяет существенно уменьшить время и количество циклов для достижения требуемого качества очистки [2, 3].

Центробежный аппарат для очистки приводится в действие одним электродвигателем через механические повышающие передачи. Подводящие и отводящие патрубки в аппарате, установленные на разных уровнях и снабженные регулирующими элементами, позволяют комбинировать селективностью очистки в процессе одного или нескольких циклов регенерации. Регулировка расходов подводящих и отводящих фаз позволяет также варьировать время пребывания их в аппарате.



Технологическая схема установки регенерации отработанного масла

Принцип работы установки регенерации следующий. Отработанное смазочное масло, содержащее в составе воду и механические примеси, заливается в ёмкость *1*. После запуска аппарата для очистки масло из ёмкости *1* направляется в центробежный аппарат для очистки. При необходимости подогрева масла, в рубашку аппарата подается нагревающий агент. Если используется экстрагирующий агент для извлечения ненужных примесей, он подается в зону смешивания совместно с маслом. Последовательно проходя зоны смешивания, коагуляции, сепарации твердых частиц и центробежного отстаивания, масло очищается от вредных примесей. Тяжелая фракция, содержащая воду и растворенные примеси, отводится в отдельную емкость. Очищенное масло направляется из аппарата очистки в ёмкость *2*. Твердая фракция и сгущенные осадки сливаются в ёмкость сбора твердых осадков для дальнейшей утилизации. Для получения необходимого класса чистоты масло многократно пропускается через аппарат очистки. При этом каждый раз по окончании цикла регенерации отвод очищаемого масла из аппарата перенаправляют поочередно из ёмкости *1* в ёмкость *2* и наоборот.

Литература

1. Шуварин Д.В. Новые технологии очистки и регенерации энергетических масел [Электронный ресурс]. URL: http://www.sibdiag.ru/2015/presentation/2_11.pdf (дата обращения: 07.02.2020).

2. Шашкин П.И., Брай И.В. Регенерация отработанных нефтяных масел. М.: Химия, 1970. 304 с.

3. Качанова Л.С. Совершенствование очистки отработанного моторного масла центробежными аппаратами: автореф. дис … канд. тех. наук. Зерноград, 2004. 19 с.

УДК 62-623.7

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ

Нургалеев И.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ilhamnurgaleev@icloud.com
Науч. рук. Шигапов А.Б.

Представлено сопоставление теплоты образования *n*-бутана и изобутана, а также их влияние на термодинамические свойства продуктов сгорания.

Ключевые слова: углеводород, предельные углеводороды, непредельные углеводороды, изомеры, теплота образования.

Процессы преобразования топлива и сгорания являются довольно сложными и в некоторых случаях недостаточно изученными. При горении топливовоздушной смеси в камере сгорания образуются продукты сгорания, представляющие многокомпонентную газовую смесь. Продукты полного горения топлива включают в себя углекислый и сернистый газ, пары воды, азот и избыточный кислород, также могут присутствовать окись углерода, водород, углерод, углеводороды и сажа при неполном горении.

Углерод при неполном горении образует углекислый газ:

$$C + O_2 = CO_2,$$

при неполном сгорании – окись углерода:

$$2C + O_2 = 2CO\,.$$

Водород сгорает с образованием водяного пара:

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O,$$

сера – с образованием сернистого газа:

$$S + O_2 = SO_2\,.$$

Как известно, энергетические топлива состоят, в основном, из углеводородов насыщенного ряда. Непредельные углеводороды образуются в процессе термической переработки нефти и остаточных продуктов (прямой перегонки и деструктивной переработки-крекинга). Непредельные компоненты (алкены, нафтены) нестабильны и при хранении образуют смолистые отложения, представляющие продукты окисления, при сгорании склонны образовывать частицы в виде сажи – это так называемый ацетиленовый механизм.

При сжигании единицы топлива выделяется определенное количество теплоты, которое называется теплотой сгорания топлива. Выделяют низшую и высшую теплоту сгорания. В случае с низшей теплотой сгорания водяные пары, образующиеся при горении, не конденсируются.

Для определения низшей теплоты сгорания любого топлива можно воспользоваться формулой Менделеева

$$Q_н^p = 339C^p + 1030H^p - 109\cdot\left(O^p - S^p\right) - 25W^p\,,$$

или

$$Q_н^p = 81C^p + 246H^p - 26\cdot\left(O^p - S^p\right) - 6W^p\,,$$

где C^p – содержание углерода, % мас.; H^p – содержание водорода, % мас.; O^p – содержание кислорода, % мас.; S^p – содержание серы, % мас.; W^p – содержание влаги, % мас.

Изучение и понимание различных свойств топлив и процессов невозможно без знакомства с основами химии. Углеводородами в химии называют органические соединения углерода с водородом.

Углеводороды, входящие в состав бензинов, в зависимости от структуры делятся, в основном, на четыре группы: парафины, олефины, нафтены и ароматики. Углеводороды, атомы которых соединены в виде прямой цепочки или цепочки с разветвлением, называются алканами.

Непредельные углеводороды, которые содержат одну двойную связь C=C, получили название олефинов (алкены, этиленовые углеводороды).

Предельные углеводороды – алкены, нафтены, цикланы, ароматические соединения более стабильны при хранении и сгорании [1, с. 106–107].

В составе предельных углеводородов могут содержаться изомерные соединения. Обычно их концентрация небольшая (например, в составе природного газа Уренгойского месторождения изобутан составил 0,018 %, *n*-бутан – 0,021 % по объему, соотвественно). Теплота образования *n*-углеводородов и изомеров близки между собой (например, у изобутана – 134,5 кДж/моль, а у *n*-бутана – 126,2 кДж/моль). Поэтому в термодинамических расчетах процессов горения их влиянием можно пренебречь. Такая же закономерность имеет место для изо- и *n*-пентана. Влияние изомеров на термодинамические характеристики образовавшихся продуктов сгорания менее 0,1% на температуре и теплоемкости.

Литература

1. Адельсон С.В. Процессы и аппараты нефтепереработки и нефтехимии: учебник для техникумов. М.: Гостоптехиздат, 1963. 310 с.
2. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания: справочник. В 6 т. Т. 3. Топлива на основе кислорода / В.Е. Алемасов [и др.]; под ред. акад. В.П. Глушко. М., 1973. 624 с.
3. Шигапов А.Б. Стационарные газотурбинные установки тепловых электрических станций. Казань. Изд. КГЭУ. 2006. 316 с.
4. Основы практической теории горения / В.В. Померанцев [и др.]. Л.: Энергоатомиздат, 1986. 312 с.
5. Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Черенков А.С. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках. М.: Химия, 2000. 520 с.
6. Химическая термодинамика органических соединений / Д. Стал [и др.]. М.: Мир. 1971. 267 с.
7. Назырова Р.Р. Исследование операций в оценке термодинамических характеристик. Казань: Изд-во АБАК, 1999. 197 с.
8. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания: справочник. В 6 т. Т. 1. Методы расчета / В.Е. Алемасов [и др.]; под ред. акад. В.П. Глушко. М., 1973. 265 с.

УДК 62-436.7

ТОПЛИВНЫЕ БАКИ ИЗ СФЕРИЧЕСКИХ СЕГМЕНТОВ

Сафронов А.В.
ФГБОУ ВО НИУ «МГСУ», г. Москва
shyrik98@inbox.ru
Науч. рук. Лебедев В.В.

Решается задача о минимизации массы баков различной геометрической формы для хранения и перевозки жидких и сыпучих веществ. Перспективным направлением является применение новых видов конструкций из сферических сегментов. Показано, как такие конструкции вписываются в нормативы.

Ключевые слова: бак, оболочка, сферический сегмент, сферический слой.

Цель работы заключается в разработке проекта перспективной лёгкой цистерны для хранения жидкостей и сыпучих материалов. Другой областью применения полученных результатов является авиационная и космическая техника, требующая создания лёгких и прочных конструкций. Ещё одна область применения находится в создании силовых корпусов новых подводных аппаратов. Работа началась с выяснения оптимальных или рациональных форм открытых бассейнов, но очень скоро исследование стало междисциплинарным [1]. В настоящее время традиционной цистерной является цилиндрическая конструкция, потому что она наиболее технологична. Возникает вопрос, является ли такая конструкция оптимальной или рациональной по массе, особенно важной для транспортных средств. Для иллюстрации был исследован пример оптимальной по массе цилиндрической ёмкости. Длина самой лёгкой цилиндрической цистерны объёмом 1000 м^3 получилась равной диаметру конструкции

$$D = 2r = 2\sqrt[3]{\frac{V_c}{2\pi}} \approx 10{,}838 \text{ м}.$$

На практике применение такой конструкции ограничено, слишком широкая. Противоречие между минимальной массой и нерациональными габаритными размерами цилиндрической цистерны можно устранить только переходом к другим формам конструкций. Сначала рассмотрим пример открытой ёмкости в виде сферического сегмента радиуса r высотой h. Объём сферического сегмента равен:

$$V_{cc} = \frac{3\pi r h^2 - \pi h^3}{3},$$

а площадь поверхности:

$$S_{cc} = 2\pi r h.$$

Рассмотрим отношение объёма открытой ёмкости в виде сферического сегмента к площади её поверхности как функцию от высоты сферического сегмента:

$$f(h) = \frac{V_{cc}}{S_{cc}} = \frac{3rh - h^2}{6r}.$$

Вычисляем ее производную:

$$\frac{df(h)}{dh} = \frac{3r - 2h}{6r}.$$

Применяем необходимое условие экстремума:

$$\frac{df(h)}{dh} = 0.$$

Получаем уравнение:

$$3r - 2h = 0,$$

из которого находим критическую точку $h = \frac{3r}{r}$. Это точка локального максимума, так как при переходе через неё функция $f(h)$ изменяет свой знак с плюса на минус. Получилось, что максимальный объём сферического сегмента при минимальной его площади будет достигнут, если отсечь от сферы «шапочку» высотой, равной половине радиуса сферы. Сферические аквариумы для рыбок выполняют именно такой формы для максимизации объёма наливаемой в них воды. При этом объём сферического сегмента равен:

$$V_{cc} = \frac{\pi h^2 (3r - h)}{3} = \frac{9\pi r^3}{8} \approx 3{,}534 r^3,$$

а площадь его поверхности равна:

$$S_{cc} = 2\pi rh = 3\pi r^2 \approx 9{,}425r^2.$$

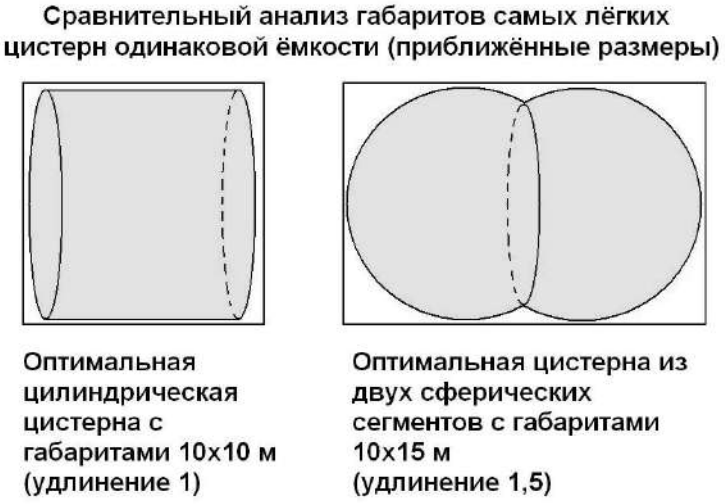
Цистерна должна быть закрытой, поэтому достаточно соединить два сферических сегмента друг с другом по окружностям открытых частей. Получится закрытая ёмкость с удвоенным объёмом и с удвоенной площадью поверхности по сравнению с единичным сферическим сегментом, т. е. с объёмом

$$V = \frac{2\pi h^2 (3r - h)}{3} \approx 7{,}068r^3$$

и площадью поверхности $S = 2 \cdot 2\pi rh \approx 18{,}850r^2$. Для сравнительного анализа новой конструкции цистерны с традиционной цилиндрической формой возвращаемся к конкретному модельному примеру с объёмом ёмкости $V = 1000$ м^3. Тогда радиусы двух состыкованных сферических сегментов должны быть одинаковыми и равными:

$$r \approx \sqrt[3]{\frac{V}{7{,}068}} \approx \sqrt[3]{\frac{1000}{7{,}068}} \approx 5{,}211 \text{ м}.$$

При этом площадь поверхности цистерны, т. е. масса конструкции будет минимальной и равной $S \approx 511{,}863$ м^2. Соотношение габаритных размеров традиционной и новой конструкций представлено на рисунке.



Соотношение габаритных размеров традиционной и новой цистерн

После аналитического и численного изучения традиционной цилиндрической цистерны и новой конструкции в виде двух состыкованных сферических сегментов был проведён сравнительный анализ полученных результатов и сформулированы выводы по работе:

1) объёмы обеих цистерн одинаковые, приняты равными V=1000 м^3;

2) площадь поверхности и масса конструкции в виде двух сферических сегментов для рассмотренного конкретного объёма оказалась меньше площади традиционной цилиндрической системы на 7,5 %;

3) для объёма 1000 м^3 экономия листового материала составит 41,7 м^2;

4) при толщине стального листа 2 мм экономия объёма стали составит 0,083 м^3, т. е. 647,4 кг. Цистерна становится легче более чем на 600 кг ≈ 7,5 %.

5) два состыкованных сферических сегмента позволяют создать рациональную конструкцию для улучшения транспортабельности.

Литература

1. Сафронов А.В. Экономическое обоснование технического задания в строительстве // Наука и инновации в технических университетах: матер. 11-го Всерос. форума студентов, аспирантов и молодых ученых. Санкт-Петербург, 2017. С. 108–109.

УДК 620.4, 621.181.27

УВЕЛИЧЕНИЕ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ ПГУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА С ДОЖИГАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

Скобелев Н.А.[1], Макушин А.Н.[1], Савина М.В.[1]
[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
zabor.nikita@bk.ru, mackushin1995@mail.ru, pmv_83@mail.ru

Предлагается смонтировать в энергоблок ПГУ, в состав которого входит газовая и паровая турбины, котел-утилизатор с четырёхъярусным газовым дожигающим устройством, встроенным в контур высокого давления, с целью повышения суммарной выработки электрической мощности блока ПГУ. Установка данного устройства позволяет увеличить паропроизводительность котла-утилизатора, компенсировать влияние температуры наружного воздуха на общую тепловую выработку газовой турбины путем загрузки дожигающего устройства. Также появляется возможность

увеличения мощности паровой турбины при полной загрузке газовой турбины за счет подключения дожигающего устройства. И, как следствие, возможность увеличения отпуска теплофикационного отбора с паровой турбины.

Ключевые слова: ПГУ, двухконтурный котел-утилизатор, дожигающее устройство, эффективность паровой турбины, паропроизводительность.

Котлы-утилизаторы – важный элемент технологической схемы большинства ПГУ, выполняющий во всех случаях роль утилизатора теплоты выхлопных газов энергетической ГТУ. КУ могут быть оснащены дожигающими устройствами. В них в среде выходных газов ГТУ дополнительно сжигается топливо, это приводит к повышению и стабилизации температуры газов перед поверхностями нагрева КУ, повышает его паропроизводительность [1]. Так, например, применение дополнительного сжигания топлива в тепловой схеме ПГУ с одноконтурными котлами-утилизаторами (КУ) может осуществляться при следующих условиях, касающихся начальных параметров пара паротурбинной части (давление и температура): неизменные начальные параметры; переход на новые начальные параметры пара [2].

В работе [3] на основании термодинамических соотношений и нагрузочных характеристик одновальной ГТУ Titan 130 авторами получены зависимости, показывающие, что дожигание увеличивает КПД утилизации и коэффициент использования теплоты топлива ПГУ, которые возрастают с повышением температуры окружающего воздуха. Их прирост тем больше, чем ниже нагрузка ГТУ и температура окружающего воздуха. Снижение максимальной температуры дожигания позволяет удешевить стоимость утилизатора.

В настоящей работе рассматривается введение двухконтурного котла-утилизатора Ед-160/14-9,0/0,7-552-210 (ЭМА-032-КУ) с дожигающим устройством (ДУ) в энергоблок ПГУ-115 Казанской ТЭЦ-1 (см. рисунок). В состав энергоблока входят: ГТУ PG 6111FA, паровой КУ Ед-160/14-9,0/0,7-552-210 и ПТУ Кт-46-8,8 [4]. Данный котел имеет следующие характеристики: паровая производительность контура высокого давления – 160 т/ч, контура низкого давления – 14 т/ч; давление пара на выходе из контура высокого давления – 9,0 МПа, из контура низкого давления 0,7 МПа; температура пара высокого давления 552 °С, низкого давления 210 °С; рабочая среда – перегретый пар; теплоноситель – выхлопные газы газотурбинной установки [5], сжигающей природный газ. Природный газ, состоящий на 98 % из метана и имеющий в своем составе предельные углеводороды, диоксид углерода, кислород и азот, является топливом и для ГТУ, и для дожигающего устройства.

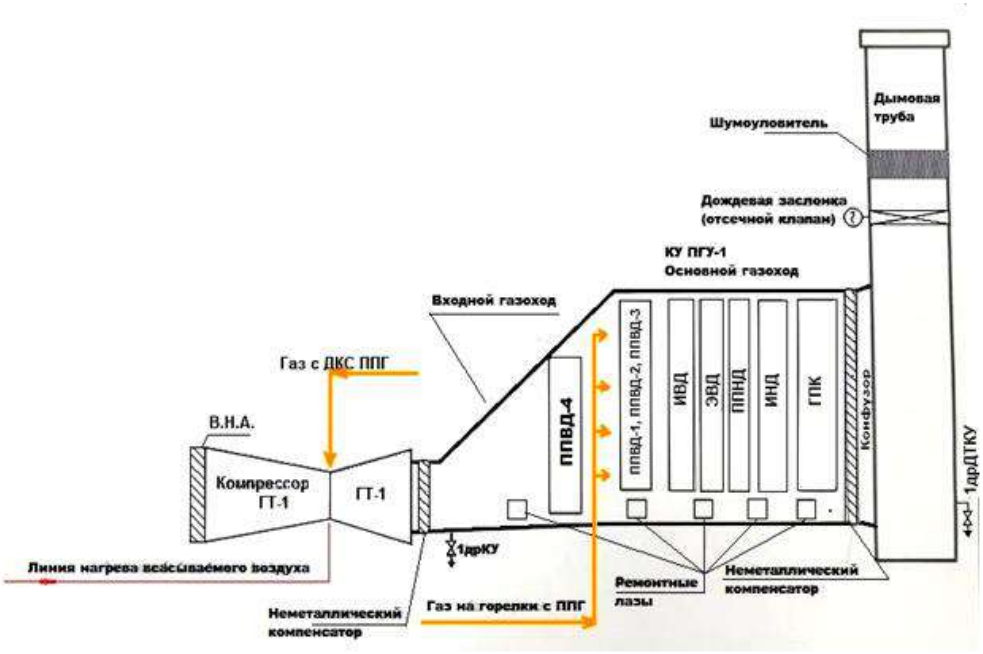


Схема котла-утилизатора с дожигающим устройством: ГТ – газовая турбина; ППГ – пункт подготовки газа; ППВД – пароперегреватель высокого давления; ИВД – испаритель высокого давления; ЭВД – экономайзер высокого давления; ППНД – пароперегреватель низкого давления; ИНД – испаритель низкого давления; ГПК – газовый подогреватель конденсата

Исходные данные для расчета эффективности использования дожигающего устройства в котле-утилизаторе приведены в таблице.

Исходные данные для расчета эффективности использования дожигающего устройства при 100 % нагрузке ГТУ

Величина	С дожиганием	Без дожигания
Температура, °С:		
наружного воздуха	+15 ISO	+15 ISO
уходящих газов ГТУ на входе в ДУ	556	–
уходящих газов	77,7	92
Расход:		
газа на ДУ, кг/с	0,78	–
воздуха на ДУ, $м^3/с$	0,39	–
Низшая теплота сгорания топлива, $кДж/м^3$	33620,56	–

Мощность ПГУ без дожигания топлива в котле-утилизаторе составляет 115 МВт. С введением в схему ПГУ котла-утилизатора с дожигающим устройством мощность ПГУ увеличивается до 123 МВт после достижения газовой турбиной 100 % нагрузки.

Литература

1. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов / под ред. С.В. Цанева. М.: Изд-во МЭИ, 2002. 584 с.

2. Тарасевич Л.А., Тузанкин А.И. Влияние параметров тепловой схемы ПГУ-КЭС с дополнительным сжиганием топлива на характер изменения тепловой экономичности установки // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2013. № 6. С. 64–71.

3. Морев В.Г., Любишин Г.А. Некоторые особенности ПГУ с дожиганием топлива в утилизаторах теплоты выхлопных газов // Промышленная энергетика. 2019. № 2. С. 21–27.

4. «Первая пошла – паровая турбина мощностью 46 МВт Уральского турбинного завода прошла 72-часовые приёмо-сдаточные испытания на Казанской ТЭЦ-1» [Электронный ресурс]. URL: https://energybase.ru/news/companies/pervaa-posla-2018-07-30 (дата обращения: 24.10.2019).

5. «Содержание декларации ТС RU C-RU АБ73 А 02395» [Электронный ресурс]. URL: https://www.reestr-tr-ts.ru/deklaraciya/5825024/ts-ru-sruab73a02395.html (дата обращения: 24.10.2019).

УДК 66.07

ОЧИСТКА ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ ДИОКСИДА СЕРЫ КАРБОНАТНЫМ ШЛАМОМ

Хуснутдинова Э.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Науч. рук. Николаева Л.А.

Промышленный комплекс по интенсивности воздействия на окружающую среду занимает ведущее место. Одной из причин является незащищенность окружающей среды от отходов производственной деятельности. Так, на промышленных предприятиях химического и нефтехимического комплексов образуется значительное количество вредных газовых выбросов. В работе предлагается очищать газовые выбросы промышленных предприятий от диоксида серы адсорбционным методом. В качестве сорбционного материала использован карбонатный шлам химводоочистки.

Ключевые слова: газовые выбросы, карбонатный шлам химводоочистки, адсорбер, диоксид серы.

На промышленных предприятиях образуется большое количество вредных газовых выбросов (ГВ) загрязняющих атмосферный воздух. Одним из таких ГВ является диоксид серы (SO_2). Он токсичен, входит в Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды (по распоряжению от 8 июля 2015 г. № 1316-р). Наибольших концентраций показатели диоксида серы достигают в северном полушарии, особенно над территорией США, Европы и европейской части России.

Диоксид серы появляется в атмосфере в результате трех процессов. Во-первых, он является побочным продуктом биологического распада и вулканической деятельности. Во-вторых, диоксид серы выбрасывается в атмосферу в результате сгорания твердого и жидкого топлива, содержащего серу. Третий источник – это промышленные процессы. В химической промышленности основным источником загрязнения атмосферы диоксидом серы является сернокислотное производство. Концентрация SO_2 в дымовых газах электростанции зависит от содержания серы в топливе. Среднегодовая предельно допустимая концентрация (ПДК) равна 0,06 мг/м^3. В РФ установлены следующие ПДК на SO_2: в рабочей зоне – 10 мг/м^3, максимально разовая – 0,5 мг/м^3 [1].

Выбор метода очистки ГВ от SO_2 зависит от множества факторов. Необходимо учитывать не только химический состав отходящих газов, но и их физические параметры, наличие сопутствующих загрязнений. Одним из эффективных способов очистки газовых выбросов является их адсорбция на пористых материалах. Адсорбционную очистку газов проводят в аппаратах адсорберах периодического и непрерывного действия.

Химический завод им. Л.Я. Карпова является ведущим предприятием по производству химической продукции. При производстве бисульфита натрия образуется ГВ с массой 319 т/г SO_2. Для очистки ГВ от диоксида серы применяется абсорбер. Для дополнительной очистки ГВ предлагается в схему добавить адсорбер.

В качестве сорбционного материала в адсорбере производства бисульфита натрия предлагается использовать сорбционный материал, разработанный на основе отхода производства – карбонатного шлама химводоподготовки КТЭЦ-1. Шлам образуется на стадии предварительной очистки воды при совместной коагуляции семиводным сульфатом железа и известковании насыщенным раствором известкового молока сырой воды на водоподготовительной установке тепловых электрических станций.

Рентгенографический качественный анализ на дифрактометре D8 ADVANCE фирмы Bruker показал следующий химический состав шлама: кальцит $CaCO_3$ – 72 %; брусит $Mg(OH)_2$ – 9 %; портландит $Ca(OH)_2$ < 1 %; кварц SiO_2 – 0,5 %; остальные прочие вещества – 17,5 %. Технические характеристики шлама: насыпная плотность – 560 кг/м^3; суммарный объем пор – 0,375 см^3/г; диаметр рабочей фракции 0,05 – 1,40 мм; содержание органического углерода – 11%; гуминовые вещества – 12 % от общей массы образца, которые выявлены методом газовой хромато-масс-спектрометрии; влажность шлама – 3 %; зольность – 89 % [2].

В технологиях очистки газовых выбросов промышленных предприятий применяют адсорберы с зернистой загрузкой. Поэтому для уменьшения гидравлического сопротивления в слое, через который пропускаются газовые выбросы, адсорбенты изготавливают в виде гранул.

Для получения гранул мелкодисперсный шлам с размером частиц от 0,01 до 0,09 мм смешивается с жидким натриевым стеклом при массовом и объемном соотношении 2:1, соответственно. Данное соотношение подобрано экспериментальным путем [3]. При меньшем соотношении происходит неполное пропитывание шлама жидким натриевым стеклом, при последующем обжиге гранулы осыпаются; при большем соотношении происходит перерасход связующего. Далее смесь доводится до однородной массы, окатывание производится вручную. Образовавшиеся гранулы выдерживаются в печи при температуре 400 °С в течение 3 ч. Далее проводится охлаждение до комнатной температуры в эксикаторе. Гранулы имеют размер 0,5–2,5 мм, характеризуются прочностью на истирание – 78 %, средней гидрофильностью. Технологические характеристики полученного гранулированного материала: адсорбционная емкость по SO_2 – 1,21 г/г; суммарный объем пор – 0,592 см^3/г; удельная поверхность – 46,2 м^2/г.

В докладе представлены результаты проведенных расчетов адсорбера периодического действия, схема регенерации сорбционного материала на основе карбонатного шлама, технико-экономические и экологические показатели предлагаемых мероприятий.

Гранулированный шлам имеет высокую пористость, что особенно важно при использовании его адсорбционных свойств в режиме пропускания газа. Низкая стоимость адсорбционного материала на основе шлама химводоочистки, доступность, возможность регенерации, позволяют его использовать для очистки газовых выбросов с минимальными затратами и наибольшей эффективностью.

Литература

1. Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Техника защиты атмосферы и гидросферы от промышленных загрязнений: учеб. пособие. Барнаул, 2000. 319 с.

2.Николаева Л.А., Хуснутдинов А.Н. Очистка газовых выбросов предприятий химической промышленности карбонатным шламом // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22, № 8. С.14–18.

3. Семакина О.К., Якушева Ю.С., Шевченко А.А. Выбор способа гранулирования адсорбентов из отходов производства // Фундаментальные исследования. 2013. № 8-3. С. 720–725.

УДК 628.166

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСХОДА ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИ ПЛАВАТЕЛЬНОГО БАССЕЙНА

Цветкова А.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nedegradant@mail.ru
Науч. рук. Цветков А.Н.

Статья посвящена решению задач прогнозирования расхода химических реагентов для обеззараживания воды плавательного бассейна и поддержания pH баланса воды.

Ключевые слова: водоподготовка, обеззараживание, прогнозирование.

Плавательный бассейн – это сложное сооружение, состоящее из ванны для плавания, систем оборудования водоподготовки и подогрева воды, электрооборудования, насосного оборудования, систем управления технологическими процессами и требующее тщательный уход за собой.

Подготовка воды в бассейнах – это сложный процесс, требующий внимания и точных расчетов. Водоподготовка происходит в два этапа: физическая подготовка и химическая обработка воды.

К физическим методам подготовки воды в бассейнах можно отнести подогрев, рециркуляцию, фильтрацию, а также обеззараживание. Процессы обработки воды в бассейне взаимосвязаны. Так, фильтрация осуществляется на очистительных конструкциях в режиме рециркуляции воды; для того, чтобы это происходило более эффективно, применяются химические реагенты.

Химическая обработка воды состоит из следующих этапов: регулирование уровня pH, дезинфекция, предотвращение появления вредных бактерий и водорослей.

В современных плавательных бассейнах для анализа воды и добавления того или иного реагента используется станция автоматического контроля состава воды. Она контролирует следующие параметры воды:

– содержание свободного хлора;

– содержание связанного (отработанного) хлора;

– pH-баланс воды.

Стоит отметить, что pH-баланс воды – это показатель кислотности (щелочности воды), он нужен для более эффективной работы хлора.

Принцип работы станции: при уменьшении количества свободного хлора ниже нормы (0,3–0,5 мг/л) дозатор добавляет в воду гипохлорит натрия (NaClO), при повышении pH-баланса выше нормы (7,2 мг/л) дозатор добавляет раствор соляной кислоты.

Для реализации задачи по расчету требуемого количества реагентов, была проведена работа с действующей уменьшенной моделью бассейна, к которой была подключена станция автоматического контроля воды.

Эта модель позволяет определить количество реагента, необходимого для регулировки того или иного параметра воды. Затем это количество пересчитывается на объем реального бассейна и в него добавляют только необходимое количество реагента.

Цель работы с моделью заключается в выборе дозировки добавляемых реагентов в воду, которая забирается из основного бассейна. Например, при повышении мутности воды в нее добавляется раствор гипохлорита натрия до тех пор, пока вода не станет прозрачной.

При повышении содержания в воде связанного хлора осуществляется «шоковое» хлорирование с повышением содержания хлора в воде в 3–5 раз, после чего уровень хлора восстанавливается препаратами снижения его содержания. После проведения экспериментов подобранное количество препаратов пересчитывается на объем воды бассейна, и дальнейшие работы проводятся без риска передозировки химических реагентов.

Пример эксперимента для уточнения количества реагента при проведении «шокового» хлорирования: при проведении шокового хлорирования содержание хлора в бассейне поднимается до 3,0 мг/л, поэтому необходимо достаточно точно знать количество добавляемого реагента.

Выполняются следующие действия:

1. Модель запускается и в нее наливается вода.

2. Замеряется уровень свободного (0,4 мг/л) и связанного (1 мг/л) хлора.

3. Производятся расчеты. Уровень хлора необходимо поднять на 3,0 – 0,4 = 2,6 мг/л, добавляемый реагент имеет концентрацию хлора 250 мг/л, модель вмещает объем воды 5 л, значит, в воду модели нужно добавить 2,6 · 5 = 10 мг реагента. Реальный бассейн имеет объем 2000 м^3, исходя из расчетов, в бассейн необходимо добавить $2 \cdot 10^6 \cdot 2{,}6 = 5{,}2$ л активного вещества, учитывая концентрацию реагента в 250 мг/л, добавляется 5,2/250 = 104 л.

В воду модели добавляется 13 мг реагента и производится замер уровня активного и связанного хлора. При этом обращается особое внимание на изменение уровня связанного хлора: если его количество снизится до 0,1–0,05, то добавляется еще 20 % активного вещества, а это 3 мг, отсюда следует, что при работе с реальным бассейном количество реагента необходимо увеличить на 20 л.

Основной эффект от применения модели бассейна достигается исключением ошибочных действий персонала, занимающегося уходом за бассейном. На модели можно опробовать дозировку и сочетание препаратов для того, чтобы избежать еще большего ухудшения состава воды бассейна, что может повлечь за собой необходимость полной замены воды.

Литература

1. Семенов Е. Спортивные бассейны. М.: АП, 2010. 350 с.

2. Кортес А. Бассейны и пруды. М.: Аделант, 2008. 192 с.

3. Самойлов В. Бассейны, строительство, ремонт. М.: Литературный бульвар, 2011. 320 с.

УДК 621.165, 620.4

ПЕРСПЕКТИВА МОДЕРНИЗАЦИИ ПАРОСИЛОВОЙ ЧАСТИ СХЕМЫ СТАНЦИИ

Шарипов Т.М.[1], Беденьгов И.В.[2], Савина М.В.[3]
[1-3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]timberkot@mail.ru, [2]igor.bedengov@mail.ru, [3]pmv_83@mail.ru

Предложена возможность модернизации и оценки перспективы замены турбины типа ПТ-65-130/13, имеющей чрезвычайно низкую экономичность и отработавшей не только расчетный, но и парковый ресурс, на турбоагрегаты больших мощностей на примере введения паровой турбины Тп-100/110-130. Представлена разница двух способов модернизации.

Ключевые слова: модернизация, турбина, турбоагрегат, давление, мощность, ротор.

Перспектива модернизации зависит от технических возможностей турбоагрегатов и габаритных возможностей машинного зала.

В качестве рассмотрения возможности модернизации и оценки перспективы замены на турбоагрегаты больших мощностей, возьмем паровые турбины ПТ-65-130/13 и ПТ-135/165-130, Р-50-130/13 и Тп-110-130.

Процесс модернизации может обойтись без замены турбоагрегатов на более мощные. Можно модернизировать предыдущие турбины. Для повышения тепловой и электрической мощности турбоагрегата требуется изменение проточной части цилиндра среднего и низкого давления для увеличения пропускной способности частей среднего давления при сохранении диапазона регулировок давления в отборах. Для модернизации старых турбоагрегатов требуется заменить клапаны среднего давления, клапаны соплового аппарата. На цилиндре среднего давления меняются диафрагмы и обоймы. При модернизации требуется замена ротора цилиндра среднего и низкого давления на новый, но можно и обойтись модернизацией ротора. Для сохранения старого ротора нужно срезать цельнокованые ступени для насадных дисков. Преимущество такой модернизации в сохранении предыдущих габаритных размеров, корпус турбоагрегата остается старый. В модернизацию можно включить дополнительные тепловые отборы.

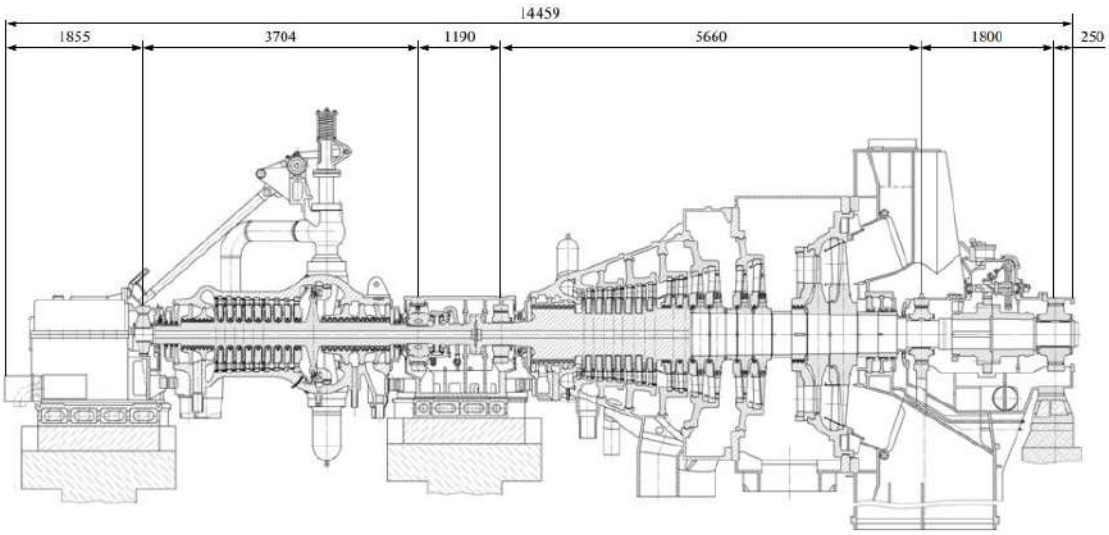
Разница в двух способах модернизации в том, что в первом случае требуется капитальный ремонт турбоагрегата, при неизменном сопутствующем оборудовании. При втором способе требуется реконструкция машинного зала, требуется замена вспомогательного оборудования. Экономическая целесообразность в данном вопросе рассматривается отдельно в каждом конкретном случае.

Авторами [1] для паровой турбины ПТ-60-130/13 филиала ОАО «Фортум» Челябинской ТЭЦ-2» был предложен вариант реновации с заменой ЦВД, масляной системы и необходимого КИПиА, благодаря которой удельный расход тепла турбоустановки снижается, а установленная электрическая мощность турбины, и, как следствие, экономическая эффективность повышаются. Суть вносимых изменений: замена цилиндра ВД на новый, модернизированный, развернутый на 180°; увеличение пропускной способности ЧСД до 240 т/ч и теплофикационного отбора до 190 (200) т/ч; реконструкция соединения роторов ВД и НД.

При замене паровых турбин ПТ-65-130/13 на ПТ-135/165-130 и Р-50-130/13 на Тп-110-130, требуется обеспечить достаточную парогенерацию для оптимальной работы паровой турбины, расход пара в новых турбинах существенно больше предыдущих.

На ТЭС России установлено большое количество паровых турбин, изготовленных УТЗ г. Екатеринбург, что делает возможным замену выводимой из схемы турбины ПТ-65-130/13 на турбину Тп-100/110-130-8,8. Так, в августе 2010 года была отгружена паровая турбина Тп-100/110-8,8 для Улан-Удэнской ТЭЦ-1 («ТГК-14») [2], имеющей в своей тепловой схеме также котлоагрегаты типа Е-220-9,8-540 КТ. Общая установленная мощность ТГК-14 составляет 646 МВт, электрическая мощность ТЭЦ-1 – 130,4 МВт.

Паровая турбина Тп-100/110-8,8 (см. рисунок) мощностью 100 МВт, изготовленная Уральским турбинным заводом, спроектирована на базе Тп-115/120-130-5. Турбина Тп-100 предназначена для установки на тепловых электростанциях, имеющих большую нагрузку по отбору пара на нужды отопления, а также обеспечивающих ограниченную производственную нагрузку [3].



Продольный разрез турбины Тп-100/110-8.8

Турбина представляет собой двухцилиндровый агрегат с двухступенчатым подогревом сетевой воды с установкой двух ПСГ, однако возможен и одноступенчатый подогрев с работой отопительного отбора на станционный коллектор. Цилиндр высокого давления (ЦВД) имеет двухвенечную регулирующую ступень, три фальш-ступени и пять ступеней давления. Все диски ротора высокого давления откованы заодно с валом. Подвод свежего пара в ЦВД производится со стороны среднего подшипника, соответственно этому лопаточный аппарат ЦВД выполнен левого вращения. Цилиндр низкого давления (ЦНД) имеет 16 ступеней, ротор низкого давления – 10 дисков, откованных заодно с валом, и шесть насадных. У турбины сопловое парораспределение, которое по конструкции и принципу работы не

отличается от парораспределения турбины Т-50/60-8.8. Верхний и нижний отопительные отборы организованы за 21-й и 23-й ступенями соответственно. Регулирующая диафрагма 24-й ступени регулирует пропуск пара в ЧНД. Турбина Тп-100 комплектуется конденсатором К-3100 и двумя ПСГ-2300. Также, по примеру ТЭЦ Сибирского химического комбината, она может комплектоваться двумя ПСГ-2200 на повышенное давление сетевой воды (избыточное давление 1,6 МПа), имеющими площадь поверхности теплообмена 2200 $м^2$ и расход сетевой воды до 4500 $м^3$/ч, или, как на Улан-Удэнской ТЭЦ-1, может работать на отопительный коллектор. Турбина сопряжена с турбогенератором ТФ-110-2УЗ с воздушным охлаждением производства НПО «ЭЛСИБ» ОАО [4].

Таким образом, вывод из эксплуатации морально и физически устаревшей турбины ПТ-65-130/13 и ввод турбины Тп-100, обладающей более высокими технико-экономическими показателями с применением современных технических решений ЗАО УТЗ, позволяет повысить эффективность и безопасность ТЭЦ.

Литература

1. Сон Н.И., Жиргалова Т.Б. Повышение эффективности ТГ-2 Челябинской ТЭЦ-2 реконструкцией турбины ПТ-60-130/13 // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: матер. Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов, ученых. Челябинск, 2014. Т. 2, № 1. С. 298–300.

2. Приложение № 17 к программе «Модернизация электроэнергетики России на период до 2020 года».

3. URL: http://www.combienergy.ru/news/1302921063-TGK-14-vvela-parovuyu- turbinu-na-Ulan-Udenskoy-TEC-1 (дата обращения: 05.03.2020).

4. Паровые турбины Т-50/60-8.8, К-63-8.8 и Тп-100/110-8.8 для реконструкции электростанций с турбинами К-50-90 и К-100-90 / А.Е. Вала-мин [и др.] // Теплоэнергетика. 2012. № 12. С. 28–34.

Секция 4. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

УДК 621.311.1.017

СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН

Билалова Л.Х.[1] , Насырова А.М.[1], ФахрисламоваЭ.Р.[1]
[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
blilu01@mail.ru, fahrislamova_elza@mail.ru, nasyrova.aigul@yandex.ru
Науч. рук. Новиков В.Ф.

Проведен анализ современного опыта энергосбережения в зарубежных странах, исследования методов экономии природных ресурсов. Описывается проблема утилизации твердых бытовых отходов, раскрываются энергосберегающие решения.

Ключевые слова: энергосбережение, гелиоэнергетика, ветроэнергетика, переработка мусора, теплоизоляция.

В большинстве стран проблема нехватки энергоресурсов ярко выражена, по этой причине одним из главных направлений стало энергосбережение. Анализ решения данной проблемы в зарубежных странах позволяет сделать вывод, что они достигли значимых результатов в энергосбережении. Это позволяет избавиться от зависимости от стран-экспортеров энергоресурсов. Рассмотрим наиболее перспективные способы энергосбережения.

На земную поверхность попадает энергия солнца с плотностью около 1 кВт/м^2, при этом, используя гелиоустановки, можно преобразовывать ее в тепловую или электрическую энергию. Одними из самых эффективных являются фотоэлектрические генераторы, в них между полупроводником и проводником возникает разность потенциалов. В таких установках максимальный КПД может достигать 40 % [1]. Активному развитию гелиоэнергетики способствуют мероприятия, проводимые такими странами, как США, где в рамках программы «Миллион солнечных крыш» к 2010 г. солнечные энергосистемы были установлены на крыши более чем миллиона домов. А в Германии предусмотрена передача выработанной частными лицами энергии в городскую сеть. В Японии правительство оказывает поддержку и выплачивает 30 % стоимости установки энергосистем на жилые дома, что способствует их распространению.

Еще одним эффективным источником альтернативной энергии является ветер. Чтобы преобразовать энергию воздушного потока в электроэнергию, используются ветроэнергетические установки. Перспективность данного энергоресурса зависит от интенсивности ветра, который определяется среднегодовым значением скорости ветра в рассматриваемой области. Коэффициент вариации ветра находится в пределах 5–8 %, что говорит о незначительных колебаниях поступления энергии ветра. На данный момент ветроэнергетика является самостоятельной доходной областью энергетики, достигла наибольшего развития в таких странах как США, Германия, Дания, Испания и Китай, внося значимый вклад в генерацию электроэнергии. Ярким примером является Дания, где 42 % от всей электроэнергии получает с помощью ветроэнергетики, а по количеству установленных ветряных установок лидирует Китай. Перспективы ветроэнергетики очень высоки, однако инвестиции для ее реализации весьма объемные [2].

Еще одой не маловажной проблемой является утилизации твердых бытовых отходов, как с экологической, так и с энергетической точки зрения. В странах Европы переработка является важным аспектом энергетической культуры и инфраструктуры, который позволяет сохранить ценные ресурсы. Самым перспективным методом решения данной проблемы в настоящее время является энергетическая утилизация. Это обусловлено ростом цен на топливные ресурсы и ужесточением экологических норм безопасности, в том числе установок переработки твердых бытовых отходов. Принципиально новый способ утилизации и использования материалов, главным образом биотоплива, сводится к его сжиганию специальным образом, путем переработки и получения энергоносителя, экологически более чистых материалов и дальнейшего использования в качестве топлива на энергетических установках. Получение такого топлива возможно с помощью анаэробной ферментации отходов, что позволяет обрабатывать большие объемы твердых бытовых отходов, получая при этом практическую пользу в виде топлива [3]. В Германии данная концепция приобрела наибольшее распространение, количество сжигаемых отходов растет с каждым годом, а рассмотренная термическая переработка является оптимальным способом их утилизации, а настоящее время работает свыше 90 таких предприятий, которые в год утилизируют порядка 18 млн т отходов, вплоть до 100 % всех отходов.

Теплоизоляционные мероприятия и проекционные решения так же являются неотъемлемой частью политики энергосбережения. Основная цель теплоизоляции – сбережение энергоресурсов путем снижения потерь тепла через ограждающие конструкции здания, таким образом можно сократить потери энергии на 50–60 %. В Японии повышение энергоэффективности жилых домов удалось достичь главным образом за счет изменения конструкции зданий, таким образом, чтобы максимально сохранять тепло во время похолодания, это позволило сократить потребление энергии на нужды отопления на 40 % [4].

Таким образом, объединяя вышеописанные направления, можно добиться значительных результатов в энергосбережении, что подтверждается положительным зарубежным опытом внедрения данных мероприятий, однако следует принять во внимание особенности географического и климатического расположения России для полноценной и эффективной интеграции перенятого опыта зарубежных стран в области энергосбережения.

Технологии и культура энергосбережения развивается и приносит свои плоды, но значительную роль играет мотивационный аспект, стимуляция данного направления государством оказывает значительное влияние на темпы развития энергосбережения.

Литература

1. Бисмарк М. Как здание австрийского университета стало энергоактивным после реконструкции // Энергосовет. 2017. № 2 (48). С. 45–54.

2. Кабанов О.В. Проблемы построения технических средств энергосбережения // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электроники и энергетики: в сб. XIII Междунар. науч.-техн. конф. Саранск, 2017. С. 550–552.

3. Горбачева Л.А. Зарубежный опыт термической переработки мусора // Энергия: экономика, техника, экология. 2018. № 7. С. 34–36.

4. Кабанов О.В. Аналитический обзор методов оценки (измерения) теплофизических характеристик исследуемого объекта // Актуальные вопросы науки и техники: сб. науч. тр. III Междунар. науч.-практ. конф. Самара, 2016. С. 111–115.

УДК 662.613.52

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА РЕЦИРКУЛЯЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ НА КОТЛАХ МАЛОЙ ПАРОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Богданова Д.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
darjyshka-96@mail.ru
науч. рук. Липантьев Р.Е.

Рассмотрены перспективные методы очистки дымовых газов от оксидов азота. Проведена оценка возможности применения рециркуляции продуктов горения на котлах ДЕ-6,5/14. Описаны результаты режимных испытаний в промышленно-отопительной котельной.

Ключевые слова: энергетический комплекс, вредные выбросы, окислы азота, рециркуляция дымовых газов.

В последние годы отмечается развитие всех секторов экономики страны, в том числе энергетического комплекса. С увеличением мощностей и масштабов производств возрастает и их нагрузка на окружающую среду посредством загрязнения воздушного бассейна выбросами вредных веществ, среди которых лидирующее значение занимают оксиды азота. Поэтому разработка технологического решения с целью уменьшения образования оксидов азота в процессе сжигания органического топлива является актуальной задачей экологии и энергетики.

Анализ российских и зарубежных литературных источников показал, что среди разнообразия предлагаемых на сегодняшний день методов очистки дымовых газов от оксидов азота наиболее перспективными являются: рециркуляция дымовых газов; каталитическая очистка; ступенчатое сжигание топлива (табл. 1) [1].

Из табл. 1 видно, что ни один из существующих ныне методов не дает стопроцентного результата. Однако наиболее маневренным в плане реализации является широко распространённый метод рециркуляции дымовых газов. Метод успешно реализован на Липецкой ТЭЦ-2, Набережночелнинской ТЭЦ, Казанской ТЭЦ-3 и др. Внедрение схемы рециркуляции дымовых газов на котлах ТГМ-84Б, КВГМ-180, ТГМЕ-464 позволило снизить выбросы оксидов азота на 45-80 %. Вместе с тем применение данного метода снижения выбросов NO_x недостаточно

изучено на котлах малой паропроизводительности, таких как ДКВР-4/13, ДЕ-25/14ГМ и др. Поэтому целью настоящего исследования являлась оценка возможности использования метода рециркуляции дымовых газов на котлах ДЕ-6,5/14.

Таблица 1

Характеристика промышленных методов очистки дымовых газов

Метод очистки	Эффективность метода	Недостатки	Капиталовложения
Рециркуляция дымовых газов	80 %	Затраты на электроэнергию	120–500 тыс. руб.
Каталитическая очистка газов	95 %	Затраты на электроэнергию, катализатор и восстановитель	900–1500 тыс. руб.
Ступенчатое сжигание топлива	50 %	Ограниченность использования и затраты на электроэнергию	100–300 тыс. руб.

Дальнейшие исследования проводились на газифицированной промышленно-отопительной котельной. В котельной установлены три паровых котла ДЕ-6,5/14. Котельные агрегаты снабжены горелочными устройствами ГМ-4,5 с максимальной теплопроизводительностью 4,05 МВт и расходом газообразного топлива 466 $м^3$/ч. С целью определения реального количества диоксида азота, образующегося при сжигании газообразного топлива, проведены экспериментальные исследования, результаты которых приведены в табл. 2.

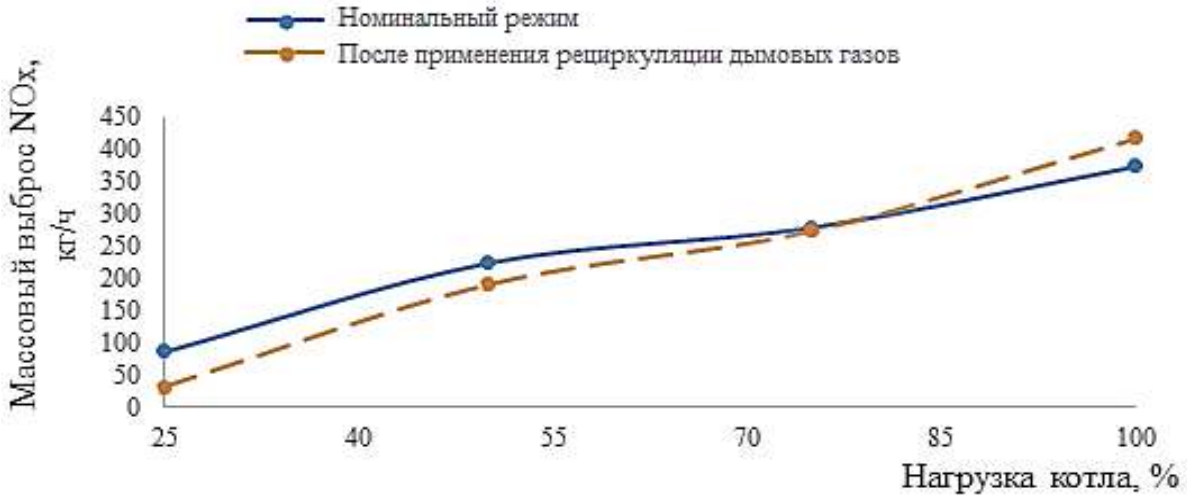
Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований

Параметр	Нагрузка			
	25 %	50 %	75 %	100 %
Теплопроизводительность, МВт	0,91	2,4	2,9	3,9
Расход топлива, $м^3$/ч	105,6	272,2	338,6	452,9
Расход дымовых газов, $м^3$/ч	1192,7	2858,1	3758,5	4710,2
Массовый выброс NO_2, кг/ч	0,087	0,225	0,28	0,375
Концентрация NO_2 в уходящих газах, мг/$м^3$	73	79	75	80

После серии экспериментов и регистрации данных было предложено использование в котельной упрощенной схемы с подачей части дымовых газов на воздухозабор дутьевого вентилятора котла ст. № 3 ДЕ-6,5/14.

Реализация данных мероприятий стала возможной при переделке неиспользуемого мазутопровода ∅76×5 в технологический трубопровод рециркуляции дымовых газов. Врезка в газоход осуществлялась между экономайзером и котлом. Благодаря снижению избытка воздуха и увеличению его температуры перед горелочным устройством до 40 °С, коэффициент полезного действия котлоагрегата увеличился в среднем на 0,5 %. Результаты измерения концентрации диоксида азота на различных режимах работы котлоагрегата после применения 10%-й степени рециркуляции приведены на рисунке.



Зависимость количества выбрасываемых оксидов азота от нагрузки котла ДЕ-6,5/14

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы: при одинаковой теплопроизводительности на режимах при 25%-й и 50%-й нагрузке массовый выброс диоксида азота после применения рециркуляции снижается до 0,032 и 0,191 кг/ч, соответственно. При 75%-й нагрузке после применения рециркуляции массовый выброс NO_2 практически не изменился. При дальнейшем увеличении расхода топлива показатель превысил номинальный на 0,043 кг/ч, что объясняется недостаточным запасом производительности дутьевого вентилятора.

Таким образом, применение рециркуляции дымовых газов является одним из энергоэффективных способов снижения выбросов NO_x. Проведенные режимно-наладочные испытания в промышленно-отопительной котельной указывают на то, что использование схемы рециркуляции дымовых газов на паровом котле ДЕ-6,5/14 является перспективным методом решения проблемы вредных выбросов при сжигании энергетического топлива.

Литература

1. Анализ методов подавления оксидов азота при сжигании топлива в энергетических установках / С.В. Панченко [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 22. С. 51–62.

УДК 621.314.21:543.544

ПРОБЛЕМА КОНТРОЛЯ МАСЛОНАПОЛНЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ХРОМАТОГРАФОМ МАРКИ «ХРОМОС ГХ-1000»

Ву Нгок Зан
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
vndan@cnd.edu.vn
Науч. рук. Новиков В.Ф.

Рассмотрена возможность контроля маслонаполненного электрооборудования в трансформаторном масле с использованием хроматографа марки «Хромос ГХ-1000». Определены концентрации индивидуальных компонентов, выделяющихся из трансформаторного масла. Приведена сравнительная характеристика контроля времени удерживания примесных соединений в трансформаторном масле.

Ключевые слова: маслонаполненное электрооборудование, хроматограф марки «Хромос ГХ-1000», пламенно-ионизационный детектор, капиллярная колонка, испаритель температура, детектор, фурфуриловый спирт, трансформаторное масло.

В процессе эксплуатации маслонаполненного электрооборудования, в результате деструкции бумажной изоляции, образуются фурановые соединения. Для контроля этих содержаний в трансформаторном масле используют хроматографические методы анализы. Для извлечения фурановых соединений из трансформаторного масла используют экстрагенты, в частности этиловый спирт, который содержит значительное количество воды, оказывающие негативное влияние на процесс экстракции. Для извлечения фурановых соединений из трансформаторного масла более перспективным является использование алифатических спиртов с более высокими температурами кипения, которые содержат меньшее количество воды. Для контроля за степенью деструкции твёрдой изоляции более перспективным является применение фурфурилового спирта [1–3].

Для определения концентрации фурфурилового спирта в трансформаторном масле и оценки влияния органических растворителей на процесс хроматографического разделения экспериментальную часть работы проводили на газо-жидкостном хроматографе «Хромос ГХ-1000» с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой длиной 30 м, внутренним диаметром 0,32 мм, заполненную полярной неподвижной фазой Vako BoHa VB WAX P/n CF 5903032050A с толщиной пленки 0,5 мкм.

Хроматографический анализ проводили как в изотермическом режиме, так и с линейным программированием температуры хроматографической колонки от 40 до 250 °С со скоростью подъёма температуры 7 °С/мин, температура испарителя 200 °С, температура детектора 240 °С. В качестве газа носителя использовали аргон. Скорость водорода 25 $см^3$/мин, скорость воздуха 250 $см^3$/мин.

Анализируемые вещества дозировали в инжектор газо-жидкостного хроматографа с использованием дозатора автоматического жидкостного ДАЖ-23, с виалами на 23 пробы. Объём вводимой пробы в испаритель хроматографа во всех случаях составлял 1,0 мкл. Скорость набора пробы в виалы составляла 20 мкл/с, скорость дозирования 30 мкл/с, время накопления пробы в испарителе хроматографа в процессе дозирования составляло 10 с. Дозатор работает в автоматическом режиме, имеет канал связи по сети Ethernet. Настройка дозатора заключается в загрузке параметров и их сохранение, юстировке, смене виалы, ожидания, готовности прибора, промывке перед дозированием, промывке пробой, промывке после дозирования, устранении пузырьков, во взятии пробы из виалы, взятии пробы внутреннего стандарта, дозировании в испаритель хроматографа.

Как правило, для диагностики маслонаполненного электрооборудования при деструкции бумажной изоляции в трансформаторном масле определяют фурановые соединения, в частности фурфурол. Однако в условиях эксплуатации трансформаторного электрооборудования фурфурол превращается в фурфуриловый спирт, который можно использовать в качестве тестового вещества. Для определения фурфурилового спирта в трансформаторном масле были использованы различные приемы, позволяющие ускорить процесс хроматографического разделения. В частности, использовали сорбцию трансформаторного масла пористыми материалами и растворители органические природы. Результаты экспериментов представлены на рис. 1, из которого видно, что при сорбции и экстракции органическими растворителями происходит удаление

высококипящих компонентов трансформаторного масла, способствуя тем самым ускорению процесса анализа фурфурилового спирта в трансформаторном масле.

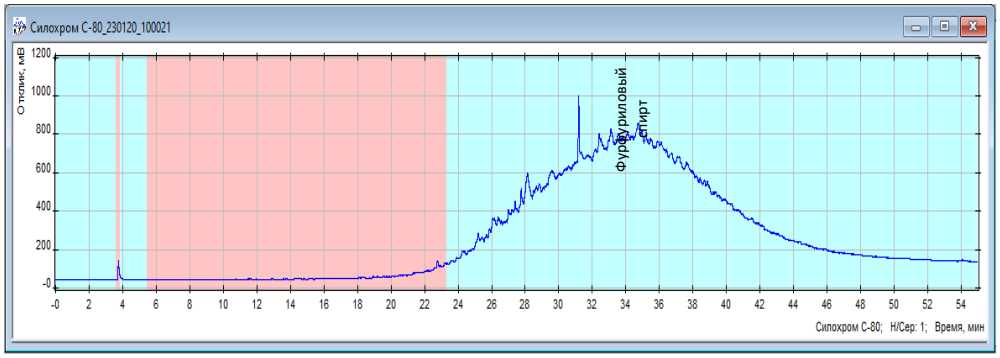


Рис. 1. Хроматограмма разделения индивидуальных компонентов фильтрованного трансформаторного масла с сорбентом Силохром С-80

Кроме того, фурфуриловый спирт хорошо разделяется от различных по физико-химическим природе экстрагентов при различных температурах (рис. 2).

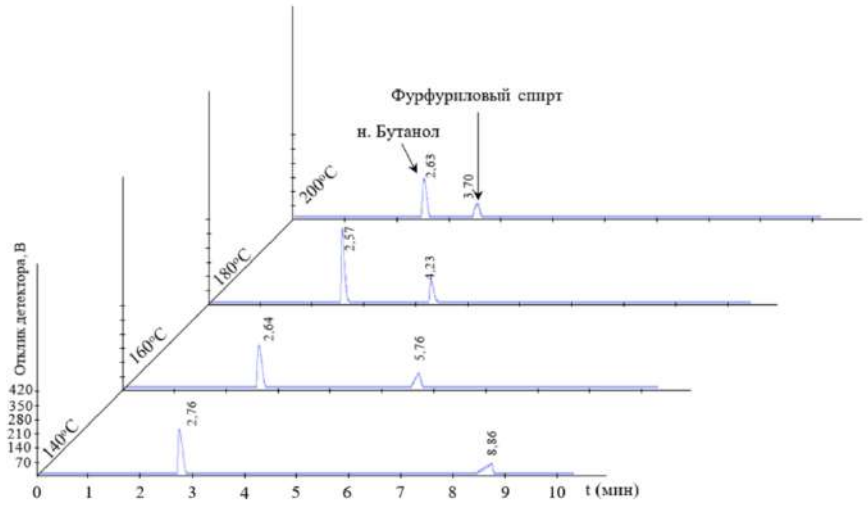


Рис. 2. Хроматограмма разделения н. Бутанола и фурфуриловый спирт при различным температурах

Таким образом, газо-хроматографическим методом можно проводить контроль за содержанием фурфурилового спирта в отработанном трансформаторном масле, что является диагностическим признаком деструкции целлюлозной изоляции. Для качественного анализа трансформаторного масла можно использовать радиальную тонкослойную хроматографию с использованием различных по природе элюентов.

Литература

1. СТО 56947007-29.180.010.009-2008. Методические указания по определению содержания фурановых производных в трансформаторных маслах методом газовой хроматографии. М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2007. 26 с.

2. Карташова А.А., Новиков В.Ф. Определение фурановых соединений в трансформаторном масле газохроматографическим методом с использованием новых сорбентов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2016. № 1-2. С. 47–52.

3. Новиков В.Ф., Карташова А А., Танеева А.В. Инструментальные методы анализа. В 3 ч. Ч. 3. Газохроматографический контроль производственных процессов в энергетике: монография / под ред. проф. В.Ф. Новиков. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т. 2018. 328 с.

УДК 628.3

ОПЫТ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Галяутдинова Л.Ф.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
fanisovnal@mail.ru
Науч. рук. Лаптева Е.А.

Рассмотрены мероприятия, состоящие из гидравлических и технологических решений, для определения оптимальной схемы работы очистных сооружений при изменяющемся качестве исходной воды по сезонам года. Изложен опыт и рекомендации по реконструкции очистных сооружений с минимальными затратами.

Ключевые слова: очистные сооружения, отстойники, фильтры, эффективность, очистка воды, оптимизация.

Основной схемой очистки большинства водопроводных станций области является классическая двухступенчатая схема, которая включает в себя коагулирование, отстаивание в слое взвешенного осадка, фильтрование и обеззараживание воды с помощью хлора. Данная схема очистки часто не соответствует требованиям к качеству воды в водоисточнике. Данные схемы предназначены для отстаивания вод средней мутности и мутных вод (при мутности более 50 мг/дм^3). Таким образом, значительную часть года взвешенный слой не образуется и отстаивание воды не выполняется нужным образом [1].

Большинство станций очистки построены в 50–60-е гг. прошлого века, по этой причине их техническое состояние весьма плачевное, износ коммуникаций и сооружений превышает 50 %.

В связи с ужесточением норм качества питьевой воды и увеличением антропогенного загрязнения водоисточников для оптимизации и улучшения работы очистных сооружений требуется определение возможных путей повышения эффективности их работы и проведение мероприятий по оптимизации [2]. Это является важной задачей, так как применение новых технологических сооружений влечет за собой усложнение и удорожание технологии производства. По этой причине при решении данного вопроса, сопряженного с увеличением производительности и улучшением качества воды необходимо определить допустимую максимальную производительность очистных сооружений без ее расширения при условии получения воды, необходимого качества.

Исследования показывают, что на большинстве станций неэффективно работает первая ступень очистки, это ведет к увеличению нагрузки на фильтрующие сооружения и к падению эффективности их работы. По этой причине необходимо уделять повышенное внимание первой ступени очистки при проведении исследований.

Для нормальной работы первой ступени очистки важна качественная работа смесителя, от качества и скорости смешения зависят эффективность и расход коагулянта. На многих станциях очистки применяются гидравлические смесители, они характеризуются простотой конструкции и надежностью, однако они не допускают изменения режима работы при ухудшении качества исходной воды, а при снижении расхода воды ниже расчетного значения не обеспечивают необходимый эффект смешения. Одним из способов оптимизации работы гидравлических смесителей является установка аэратора для интенсификации процесса смешения с использованием сжатого воздуха. Это позволит изменять интенсивность смешения в зависимости от качества воды в источнике [3].

После смешения коагулянта с обрабатываемой водой эффективность коагуляции определяется процессом хлопьеобразования, суть которого заключается в получении крупных, легко оседающих хлопьев, процесс их формирования зависит от качества воды, в частности ее температуры, тип и количество коагулянта, а так же режим смешивания. Однако гидравлические камеры хлопьеобразования часто не способны обеспечить необходимые условия образования хлопьев по причине своего конструктивных особенностей. По этой причине следует выбрать способ реконструкции и совершенствования функционирования камер хлопьеобразования в конкретных условиях работы. Для повышения эффективности камер

хлопьеобразования в можно использовать рециркуляторы, которые позволяют отчасти улучшить работу камер в период подачи воды с низкой мутностью. Конструкция рециркуляторов подразумевает возврат образовавшихся хлопьев в область подачи исходной воды с коагулянтом, т. е. реализуется внутренняя рециркуляция. Однако данную реконструкцию сложно провести без демонтажа перекрытия, что является не только дорогим, но и опасным мероприятием [4].

Выходом из данной ситуации могут стать лопастные мешалки, которые позволяют регулировать интенсивность смешивания, снижая ее к концу камеры.

Практика показала, что при нормальной работе смесителей и камер хлопьеобразования, отстойники полностью справляются со своей задачей осветления воды.

Для обработки таких вод можно выделить один или несколько отстойников и скорых фильтров для использования их для нужд обработки повторно загрязненных вод. При этом на очистных сооружениях может поддерживаться индивидуальный технологический режим работы, а вода направляться в резервуары чистой воды и использоваться для промывки фильтров или иных целей станции.

Таким образом, предлагаемые мероприятия реконструкции позволяют в непродолжительные сроки и без значительного удорожания технологии оптимизировать работу очистных сооружений в условиях развитого антропогенного загрязнения водоисточников.

Литература

1. Катаев В.В., Лагутина Е.Л. Обращение с осадком очистных сооружений г. Ижевска. Проблемы и перспективы решения // Наука Удмуртии. 2018. №. 4. С. 56–57.

2. Медведев В.А., Акименко Н.Ю., Шевцов М.Н. Обработка осадка от локальных очистных сооружений // Новые идеи нового века: матер. Междунар. науч. конф. ФАД ТОГУ. Хабаровск, 2018. Т. 3. С. 387–391.

3. Нор П.Е., Андреева Т.Ю., Зорин А.А. Модернизация очистных сооружения малых городов // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства: матер. 9-й Междунар. науч.-техн. конф. Омск, 2019. С. 216–217.

4. Варюшина Г.П., Свешникова Н.В. Пути модернизации очистных сооружений поверхностных сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2017. № 5. С. 35–39.

УДК 66.011

КИНЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ИЛОВЫХ ОСТАТКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Грачева Ю.А. [1], Царюнов А.В.[2]
[1]ФГБОУ ВО «СГУ», г. Саратов
[2]НИИТОНХ и БТ, г. Саратов
july08123@mail.ru, avtsaryunov@mail.ru
Науч. рук. Печенегов Ю.Я.

Приводятся результаты исследования кинетики тепловой сушки осадочного ила промышленных сточных вод. Предложен энергоэффективный способ сушки осадочного ила. В качестве сушильного агента используется пар испарения удаляемой влаги, который подвергается перегреву в рабочей камере сушилки.

Ключевые слова: иловые осадки, тепловая сушка, скорость сушки, экспериментальное исследование, сушильный агент, энергетические характеристики.

В технологии утилизации и уничтожения иловых остатков сточных вод процесс их обезвоживания является одним из наиболее энергозатратных. Это связано с высоким исходным влагосодержанием ила, которое после нескольких лет его хранения на полигонах в естественных условиях может составлять 300 % и более. Искусственное обезвоживание осадочного ила методом фильтрации в камерных фильтрах, центрифугированием и внесением добавок для изменения его свойств не в состоянии обеспечить необходимое конечное влагосодержание высушиваемого материала в соответствии с требованиями технологии. Низкое влагосодержание ила может быть достигнуто только путем его тепловой сушки.

Экспериментально исследовалось высушивание осадочного ила в форме цилиндрического образца диаметром $D_н$ = 45 мм и длиной $H_н$ = 140 мм. Начальный вес образца был равен 242 г, из них сухое вещество составляло $G_{сух}$ = 55 г, а влага (вода) – $W_{нач}$ = 187 г. Начальное влагосодержание образца $U_н$ = 340 %.

Образец помещался в обогреваемую муфельную камеру объемом 0,2 м^3, в которой поддерживалась постоянной во времени температура воздуха t = 150 °С. Движение воздуха в муфельной камере осуществлялось только за счет естественной конвекции. Образец с помощью проволочного подвеса, проходящего через отверстие в верхней стенке муфельной камеры, соединялся с аналитическими весами.

В процессе высушивания образца измерялся его вес G через равные фиксированные промежутки времени $\Delta\tau = 30$ мин и относительная влажность воздуха φ в муфельной камере.

При обработке результатов измерений определялось текущее влагосодержание образца (%)

$$U = \left(G/G_{\text{сух}} - 1\right) \cdot 100\% \qquad (1)$$

и скорость сушки (%/ч)

$$N = \Delta U/\Delta\tau, \qquad (2)$$

где ΔU – изменение влагосодержания (%) в промежутке времени $\Delta\tau$ (ч).

Результаты экспериментов приведены на рис. 1 и 2.

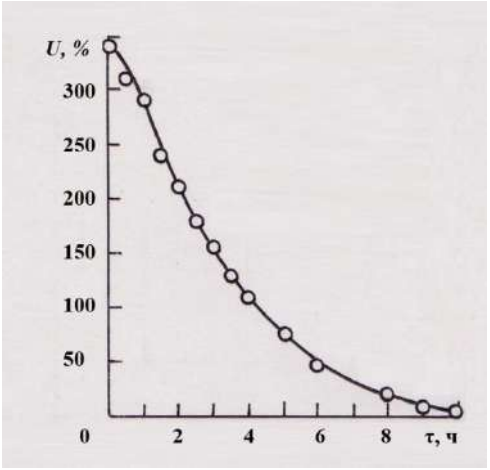


Рис. 1. Зависимость влагосодержания образца осадочного ила от времени сушки

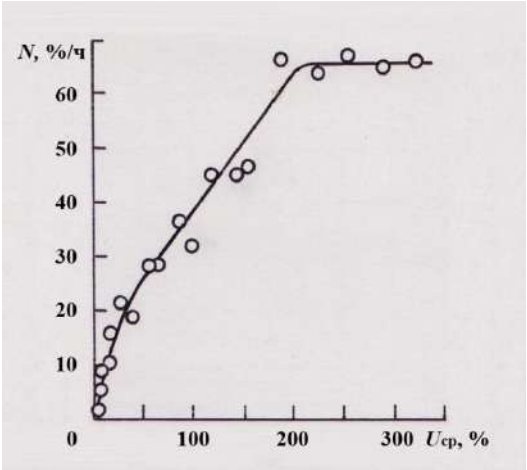


Рис. 2. Зависимость скорости сушки образца осадочного ила от влагосодержания

Из рис. 1 видно, что полное высушивание образца завершается через 10 ч. При этом относительная влажность воздуха φ в муфельной камере, согласно измерениям, снижалась с 12 % в начале процесса сушки до 5 % в конце. Из рис. 2, где представлена зависимость $N = f(U_{\text{ср}})$, где $U_{\text{ср}}$ – среднее влагосодержание в каждом из последовательности временных интервалов $\Delta\tau = 0{,}5$ ч, следует, что критическое влагосодержание осадочного ила, соответствующее границе перехода периода постоянной скорости сушки к периоду падающей скорости сушки, составляет $U_{\text{кр}} = 210 \div 235$ %. Полученная величина $U_{\text{кр}}$ указывает на наличие большого количества связанной влаги в иле, которая трудно удаляется при высушивании.

Для периода постоянной скорости сушки было получено:

$$N_1 = 66 \ \%/\text{ч}, \tag{3}$$

а для периода падающей скорости, %/ч:

$$N_2 = 17 + 0,2U_{\text{ср}}. \tag{4}$$

На основании (3) и (4) и, используя метод В.В. Красникова [1], в соответствии с которым произведение скорости сушки N на текущее время τ не зависит от режима сушки и является величиной постоянной, т. е. $N_i\tau_i = \text{const}$, можно определить время сушки осадочного ила в условиях, отличающихся от экспериментальных.

Выполненные расчетные оценки показывают, что для реальных условий работы, например ленточных сушилок, полное время высушивания осадочного ила вполне возможно ограничить величиной τ = 3 ч.

Авторами разработан способ сушки, в котором в качестве сушильного агента используется перегретый пар, образующийся при испарении влаги из осадочного ила. Для этого осуществляется его перегрев тем же паром испарения влаги, который после сжатия струйным или механическим компрессором подается в регистры, находящиеся внутри рабочей камеры сушилки. Греющий пар, конденсируясь при температуре насыщения, соответствующей давлению сжатия, выделяет тепло конденсации, которое через стенки регистров передается потоку омывающего их снаружи сушильного агента.

Расчеты показывают, что в предложенном способе сушки расход подводимого от внешнего источника тепла составит 1700 кДж/кг испаренной влаги, а на сжатие греющего пара в компрессоре дополнительно затрачивается энергия в количестве 630 кДж/кг испаренной влаги. В совокупности затраченная на сушку осадочного ила энергия от внешних источников составит величину 2330 кДж/кг испаренной влаги, что значительно ниже величины (5000÷7550 кДж/кг испаренной влаги [2]), характерной для известных сушилок.

Литература

1. Красников В.В. Методы анализа и расчета кинетики сушки // Химическая промышленность. 1979. № 7. С. 40–43.

2. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. М.: Химия. 1970. 429 с.

УДК 621.31

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СХЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ВТПУ НА ОТНОСИТЕЛЬНУЮ ВЕЛИЧИНУ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДЕНИЯ

Иванова С.В.[1], Картавцев С.В.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск
[1]svetlanaivanovavn@gmail.com, [2]kartavzw@mail.ru

Рассмотрено влияние совершенствования схемы энергообеспечения высокотемпературных процессов и установок (ВТПУ) на относительную величину потерь через ограждения. Представлены результаты по трем схемам ВТПУ с различной величиной подводимой теплоты на осуществление высокотемпературного процесса, где проведена оценка тепловых потерь через ограждение и предложены способы повышения энергоэффективности ВТПУ.

Ключевые слова: тепловые потери, энергоэффективность, высокотемпературные процессы, ограждение.

Ни одно производство черной и цветной металлургии, строительных материалов, химическая промышленность и др. не обходятся без высокотемпературных теплотехнологических процессов [1].

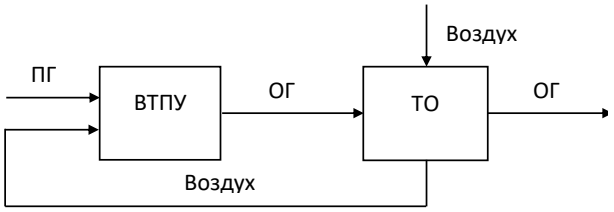
Высокотемпературные процессы и установки позволяют добиться оптимального температурного режима для интенсификации химических реакций, которые приводят к увеличению скорости процесса и повышению выхода готовой продукции.

Основная проблема высокотемпературных процессов заключается в энергосбережении.

В работе были рассмотрены три схемы энергообеспечения высокотемпературных процессов с неизолированными стенками, на температурном уровне 1600–2000 °С (см. рисунок): в схеме *1* (*а*) в качестве топлива используется природный газ (ПГ) с воздухом; в схеме *2* (*б*) – ПГ с кислородом; в схеме *3* (*в*) – ПГ с подогретым воздухом.

а

б



в

Схемы энергообеспечения ВТПУ

На основе теплового баланса подводимая теплота топлива $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ расходуется на теплоту технологического продукта $Q_{\text{т.п}}$, на тепловые потери через стенки $Q_{\text{о.с}}$ и на потери с отходящими газами $Q_{\text{о.г}}$ [2]:

$$Q_{\text{н}}^{p} B = Q_{\text{т.п}} + Q_{\text{о.с}} + Q_{\text{о.г}}; \tag{1}$$

$$Q_{\text{о.г}} = V_{\text{о.г}} C_{\text{о.г}}^{p} t; \tag{2}$$

$$Q_{\text{о.с}} = \left(c\varepsilon \left[\left(\frac{T}{100} \right)^{4} \right] + \alpha_{\text{конв}} \left(t_{\text{расп}} - t_{\text{окр.ср}} \right) \right) F, \tag{3}$$

где $C_{\text{о.г}}^{p}$ – теплоемкость отходящих газов, Дж/(м^3·К); c – коэффициент излучения абсолютно черного тела, c = 5,67 Вт/(м^2·К^4); $\alpha_{\text{конв}}$ – теплоотдача абсолютно черного тела, Вт/м^2; $t_{\text{расп}}$ – температура расплава в ВТПУ, К.

В результате расчетов получено, что если рассматривать схему *1*, то расход ПГ на 1 м^3 расплава приходится 0,683 м^3, согласно схеме *2* расход ПГ составит 0,115 м^3, в случае схемы *3* – 0,057 м^3. Сокращение расхода топлива наблюдается при отборе теплоты отходящих газов на предварительный подогрев воздуха перед смешением с природным газом.

Но тепловые потери через стенки высокотемпературного теплотехнологического процесса остаются неизменными при постоянной температуре и увеличиваются в зависимости от повышения температуры расплава t = 1600÷2000 °С и достигают 2,8÷6,1 МДж/м^2 [3].

Снижение тепловых потерь через стенки высокотемпературных установок, позволит дополнительно снизить расход топлива на теплотехнический процесс с получением энергосберегающего эффекта, а применение регенеративного теплоиспользования типа перфорированного ограждения с подачей через него химически активных газов повысит эффективность высокотемпературного процесса [4, 5].

Литература

1. Ключников А.Д. Энергетика технологии // Теплоэнергетика. 2006. № 11. С. 65–69.
2. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоиздат, 1981. 416 с.
3. Картавцев С.В., Иванова С.В., Старкова Е.С. Оценка значения тепловых потерь в высокотемпературных процессах // Современные достижения университетских научных школ: сб. докл. нац. науч. шк.-конф. Магнитогорск, 2019. Вып. 4. С. 71–72.
4. Нешпоренко Е.Г., Картавцев С.В. Вопросы энергоресурсосбережения при извлечении железа из руд: монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2007. 153 с.
5. Нешпоренко Е.Г., Картавцев С.В., Сысуев Н.Е. Обоснование эффективности регенерации теплоты через перфорированные ограждения высокотемпературных установок // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им Г.И. Носова. 2013. № 1 (41). С. 86–89.

УДК 628.171.001.24

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕРАЦИОНАЛЬНОГО РАСХОДА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЕ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Кашапова А.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
alinkashapova@mail.ru
Науч. рук. Ильин В.К.

Целью данного исследования является определение экспериментальным путем расхода теплоносителя, который не используется потребителем до момента достижения заданной температуры.

Ключевые слова: децентрализованная система горячего водоснабжения, расход, газовый водонагреватель, котел.

Децентрализованное, или местное, горячее водоснабжение применяется при отсутствии централизованного теплоснабжения. Таким образом, источником подогрева воды в жилых и общественных зданиях служат газовые или электрические водонагреватели [1].

При включении смесителя на одной из точек разбора, некоторое время из водоразборного крана продолжает идти холодная вода, которая до его открытия накопилась в трубопроводе. В то же время, включается подогрев газового котла, при этом требуется определённое время для того, чтобы водонагреватель вышел на заданную температуру. Через несколько секунд подогретый теплоноситель поступает в трубопровод, начиная движение к точке разбора, ещё несколько секунд необходимы для того, чтобы горячая вода дошла до точки разбора. Таким образом, от момента открытия водоразборного крана горячей воды и до момента начала подачи воды с заданной температурой, проходит определенное количество времени.

Для проведения эксперимента газовый водонагреватель был выставлен на температуру для использования, которая составила 38 °С. Начальная температура водопроводной воды колеблется в пределах от 7 до 10 °С. Для того чтобы определить сколько литров воды расходуется нерационально, в течение суток проводились измерения расхода с помощью тары, на которой есть мерная шкала, и времени, требуемого для нагрева, измеряемого с помощью секундомера.

На рис. 1 представлен газовый водонагреватель BOSCH WRD 10-2 G23 (GWH 10 G) с помощью которого выполнялся эксперимент, а на рис. 2 – мерная тара.

Рис. 1. Газовый водонагреватель BOSCH WRD 10-2 G23 (GWH 10 G)

Рис. 2. Мерная тара

Результаты эксперимента при каждом включении водоразборного крана сведены в таблицу.

Результаты эксперимента

Номер опыта	$t_{нач}$, °С	$t_{кон}$, °С	Расход, л	Время, с	Номер опыта	$t_{нач}$, °С	$t_{кон}$, °С	Расход, л	Время, с
1	7	38	1,7	18,31	6	8	38	1,65	13,23
2	7	38	1,7	14,08	7	9	38	1,6	12,21
3	7	38	1,7	14,22	8	9	38	1,6	13,13
4	8	38	1,65	13,48	9	10	38	1,55	12,59
5	8	38	1,65	13,29	10	10	38	1,5	12,48

Среднее значение расхода составит 1,63 л. Среднее значение времени, затрачиваемого на обогрев теплоносителя до заданной температуры, 13,702 с. Соответственно скорость расхода составит 0,119 л/с. Суммарный расход теплоносителя за время проведения эксперимента составит 169,75 л.

Экспериментом установлено, что нерациональный расход теплоносителя напрямую зависит от температуры подаваемой из водопровода воды, а также длины и диаметра трубопровода. Чем выше температура теплоносителя на входе в газовый котел, тем меньше затрачивается энергии и времени на его подогрев, и соответственно, уменьшается расход энергии.

Литература

1. СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85* (с Поправкой, с Изменением № 1) [Электронный ресурс]. URL: http://sniprf.ru/sp30-13330-2016 (дата обращения: 21.02.2020).

УДК 62-403.2

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИХРЕВОГО ЭФФЕКТА

Кургунов М.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
kurgunov1998@mail.ru
Науч. рук. Новиков В.Ф.

Предложена новая лабораторная установка для исследования вихревого эффекта в воздушной среде. Представлены экспериментальные результаты многофакторного эксперимента, выявлены закономерности, заключающиеся в линейной зависимости потерь, холодопроизводительности от разных факторов (давления, расхода воздуха и расхода воды).

Ключевые слова: вихревая труба, вихревой эффект, воздух, вихревое движение, холодильная техника, завихритель.

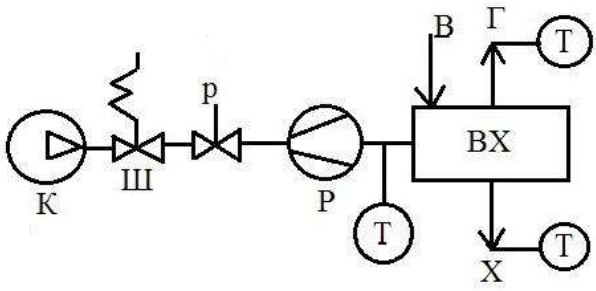
Вихревой эффект (эффект Ранка-Хилша) заключается в температурном разделении газа при закручивании в цилиндрической или конической камере при условии, что поток газа в трубке проходит не только в прямом, но и в обратном направлении. На периферии образуется закрученный поток с большей температурой, а из центра в противоположную сторону идёт охлажденный. Существует распространённое заблуждение, что температурное разделение происходит путём перемещения молекул газа на прямом проходе вихря (в одну сторону). Но объяснимых физикой причин для такого разделения нет, как нет причин и для вращения центрального жгута в противоположную сторону относительно периферии. Впервые данный эффект в конце 20-х годов открыл французский инженер Жозеф Ранк. В настоящее время реализован ряд аппаратов, в которых используется вихревой эффект. Это «вихревые камеры» для химического разделения веществ под действием центробежных сил и «вихревые трубы», используемые как источник холода.

В настоящее время применяются вихревые теплогенераторы и микрокондиционеры. Эффективность охлаждения с применением эффекта невысока и ниже эффективности традиционных холодильных установок. Трубки Ранка применяются в тех случаях, когда требуется простота устройства или при отсутствии других источников энергии, кроме сжатого воздуха [1].

В данной работе в процессе изучения вихревого эффекта был произведен анализ методических источников по условию применения вихревых труб. В ходе анализа и сравнения преимуществ и недостатков разных вихревых трубы было принято решение по выбору в качестве основной конструкции классической вихревой трубы со следующими параметрами: расслоение вращающегося потока воздуха со «средней» температурой на «холодный» поток (от +5 до –20 °С и ниже) и на «горячий» поток (от +40 до + 80 °С и выше), газ подаётся в трубу тангенциально под давлением (например, 0,2–0,8 МПа) через сопло и закручивается с высокой скоростью (например, 50–150 м/с).

Представлена принципиальная схема лабораторной установки (см. рисунок), состоящей из компрессора, шарового крана, расходомера, трех датчиков температуры и вихревой трубы.

Была разработана лабораторная установка для изучения вихревого эффекта, которая позволяет менять такие параметры, как давление и расход воздуха в вихревой трубе, тем самым можно одновременно менять температуру холодного и горячего потоков.



Принципиальная схема лабораторной установки: ВХ – вихревая труба; К – компрессор; Р – расходомер; Ш – шаровой кран; Т – датчик температуры; Г – горячий поток; Х – холодный поток; В – вода; *р* – давление

Разработан программный код на языке С++, который позволяет фиксировать температуры через любой промежуток времени, который потребуется [2].

Найдены закономерности, показывающие зависимость потерь от разных факторов (давления, расхода воздуха и расхода воды), т. е. эффективность вихревой трубы. Небольшие потери были при максимальном давлении, минимальном расходе и без охлаждения. В этом случае потери составили 54 Вт. Но самый высокий КПД был в том случае, когда было максимальное давление, минимальный расход и с охлаждением. Составлено уравнение математической модели [3].

Найдены закономерности, показывающие зависимость холодопроизводительности от разных факторов (давления, расхода воздуха и расхода воды) в летнем режиме. Самая большая мощность была при максимальном давлении, максимальном расходе и без охлаждения – 276 Вт. Это самый лучший вариант в летнем режиме. Было составлено уравнение математической модели.

Найдены закономерности, показывающие зависимости холодопроизводительности от разных факторов (давления, расхода воздуха и расхода воды) в зимнем режиме. Самая большая мощность была при максимальном давлении, при максимальном расходе и без охлаждения, 105 Вт. Это самый лучший вариант в зимнем режиме. Составлено уравнение математической модели.

Литература

1. Методика оценки технико-экономических параметров работы системы холодоснабжения // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 7. С. 51–58.

2. Ловцов А.В., Хаит А.В. Использование вихревой трубы в системе сжижения природного газа // Строительство и образование. 2010. № 13. С. 380–383.

3. Кныш Ю.А. О механизме переноса энергии в вихревой трубе пульсирующими крупными вихрями // Вихревой эффект и его применение в технике: матер. V Всесоюз. науч.-техн. конф. Куйбышев, 1988. С. 71–74.

УДК 66-045.53

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МАЛОГАБАРИТНЫХ АППАРАТАХ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ

Мингазов А.И.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
mingazov_ayaz@mail.ru
Науч. рук. Лаптева Е.А.

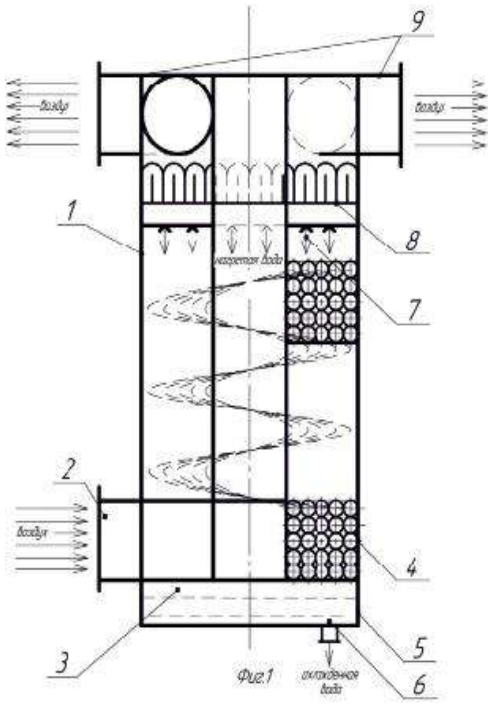
Посвящена повышению эффективности тепломассообменных процессов охлаждения оборотной воды. Кроме того, представлена классификация малогабаритных вентиляторных градирен, представлены данные о времени взаимодействия фаз, из которых следует, что в аппарате с закрученным воздушным потоком оно больше по сравнению со временем в противоточном аппарате.

Ключевые слова: градирня, охлаждение оборотной воды, время контакта фаз, аэродинамика, эффективность.

Градирни используются для охлаждения воды, которая циркулирует по замкнутому контуру системы оборотного водоснабжения. Самой эффективной считается вентиляторная градирня, но, несмотря на их эффективность, они так же имеют и недостатки, так как требуют обширной трубопроводной системы по причине удаленности градирен от источников избыточного тепла, а также их использование сопряжено с высоким энергопотреблением насосного оборудования [1].

Главной причиной недостаточной эффективности малогабаритных аппаратов охлаждения является короткое время контакта теплоносителей при противоточном режиме взаимодействия фаз [2].

Рассмотрим конструкцию малогабаритной градирни с закрученным воздушным потоком с целью повышения эффективности тепломассообменного процесса (см. рисунок).



Малогабаритная градирня с закрученным воздушным потоком: *1* – корпус; *2* – вентилятор; *3* – тангенциальный патрубок; *4* – ороситель; *5* – водосборный резервуар; *6* – выходной патрубок для воды; *7* – водораспределительная система; *8* – водоуловители; *9* – выходные патрубки для воздуха

Градирня работает следующим образом: нагретая вода из оборотной системы поступает в водораспределительную систему *7*, где равномерно распределяется по оросителю *4*, на его поверхности происходит тепломассообмен водного потока с закрученным воздушным потоком, который нагнетается вентилятором *2*. Вода опускается на ороситель *4*, где охлаждается в капельно-пленочном режиме затем стекает в водосборный резервуар *5*. Повышение эффективности обуславливается тем, что воздушный поток «закручен», за счет чего увеличивается время контакта воздушного и водного потоков.

Основной задачей при теоретических исследованиях любых тепломассообменных аппаратов, в том числе и градирен, является достоверное определение эффективности проводимых процессов. Эффективность тепла и массообменного процесса чаще всего оценивают путем сопоставления достигнутых значений показателей (концентраций, температур, энтальпий) и максимально возможных.

Тепловую эффективность охлаждаемой воды в противоточной градирне [3] можно представить в виде соотношения:

$$E_{\text{ж}} = \frac{t_{\text{н}} - t_{\text{к}}}{t_{\text{н}} - t^*}, \qquad (1)$$

где $t_{\text{н}}$ и $t_{\text{к}}$ – начальная и конечная температуры охлаждаемой воды; t^* – температура воздуха по мокрому термометру на входе в аппарат.

Известно, что большинство промышленных градирен имеют невысокую эффективность $\left(E_{\text{ж}} = 0,2 \div ,5\right)$, особенно в летнее время.

Аналогично отношению (1) запишем тепловые эффективности по газовой (воздушной) фазе в виде отношений энтальпий и влагосодержаний:

$$E_{\text{г}} = \frac{I_{\text{к}} - I_{\text{н}}}{I_{\text{к}}^* - I_{\text{н}}}; \qquad E_x = \frac{x_{\text{к}} - x_{\text{н}}}{x_{\text{к}}^* - x_{\text{н}}}, \qquad (2)$$

где $I_{\text{н}}$ и $I_{\text{к}}$ – начальная и конечная энтальпия влажного воздуха, Дж/кг; $I_{\text{к}}^*$ – значение энтальпии влажного воздуха на выходе из блока контактных устройств градирни на линии насыщения при температуре воды на входе $t_{\text{н}}$; $x_{\text{к}}$ и $x_{\text{н}}$ – влагосодержания насыщенного воздуха на входе и выходе, кг/кг; $x_{\text{к}}^*$ – влагосодержание воздуха на выходе при $t_{\text{к}}$ и относительной влажности 100 %.

Таким образом, данная конструкция аппарата позволяет обеспечить более длительный контакт фаз, тем самым интенсифицируется процесс теплообмена, то есть процесса охлаждения оборотной воды.

Литература

1. Охлаждение оборотной воды предприятий энергетики в градирнях со струйно-пленочными контактными устройствами / А.В. Дмитриев [и др.] // Промышленная энергетика. 2018. № 11. С. 45–49.

2. Дмитриев А.В., Мадышев И.Н., Дмитриева О.С. Определение эффективности охлаждения оборотной воды в струйно-барботажных контактных элементах // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20, № 6. С. 4–7.

3. Лаптева Е.А. Эффективность явлений переноса в газожидкостных средах при десорбции и охлаждении жидкостей. Казань: Отечество, 2019. 224 с.

УДК621.315.615.2:543.544

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ПРИСАДКИ В ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОЙ ГАЗО-ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Нгуен Зуи Хынг
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Науч. рук. Новиков В.Ф.

Как известно, к одной из наиболее важных задач энергетической отрасли промышленности относится бесперебойное снабжение потребителей электрической энергией. Поэтому для поддержания трансформаторного оборудования в работоспособном состоянии следует постоянно проводить его диагностику с целью выявления дефектов, возникающих в процессе эксплуатации, и их устранение. К этим дефектам относятся старение материалов, некачественное изготовление деталей трансформаторного оборудования, недостатки в эксплуатации, отключение электрической сети и перебои в электроснабжении, посторонние воздействия, недостаточно качественные ремонтные работы, внешнее влияние и другие объективные причины [1–3].

Ключевые слова: ионол, надежность, трансформаторное оборудование, адсорбент, диэлектрик, изоляционные свойства, электрооборудование, трансформаторное масло, частичные разряды, растворители, тонкослойная хроматография, антиокислительная присадка углеводородов.

Для продления срока эксплуатации трансформаторного масла в него добавляют антиокислительную присадку, которая затрудняет процесс термоокислительного старения. Это процесс протекает по радикально цепному механизму с образованием свободных радикалов. Наиболее распространенной антиокислительной присадкой, добавляемой в отечественные трансформаторные масла, является (2,6-ди-трет-бутил-пара-крезол).

Антиокислительная присадка находится в трансформаторном масле в растворенном состоянии и при его регенерации не извлекается адсорбентами. В процессе эксплуатации трансформаторного масла антиокислительная присадка постоянно вырабатывается, скорость расходования которой зависит от многих трудно контролируемых факторов. При снижении концентрации антиокислительной присадки в трансформаторном масле с 0,5 до 0,1 % масс начинается процесс интенсивного старение изоляционного материала с образованием шлама, повышается расход силикагеля в трансформаторных фильтрах, что приводит к преждевременной замене отработанного трансформаторного масла

свежим. Поэтому в процессе эксплуатации трансформаторного электрооборудования необходимо постоянно контролировать содержания антиокислительной присадки в трансформаторном масле. С этой целью используют различные инструментальные методы анализа [4–7].

Наиболее простыми и доступными методами контроля содержания антиокислительной присадки в трансформаторном масле являются спектральные, которые характеризуются достаточно хорошей экспрессностью. На промышленных предприятиях контроль за содержанием ионола в трансформаторных маслах проводится хроматографическими методами. Идентификацию хроматографического пика ионола в сложной смеси, индивидуальных компонентов трансформаторного масла осуществляют с использованием различных приемов. В последнее время более широко для определения ионола стали применять высокоэффективную жидкостную или тонкослойную хроматографию [8–10].

Литература

1. An analysis of AC conductivity in moist oil-impregnated insulation pressboard / P. Zukowski [et al.] // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2015. Vol. 22, Is. 4. Pp. 2156–2164.

2. Особенности старения трансформаторного масла в реальных условиях / Г.И. Ризванова [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2015. № 9-10. С. 91–94.

3. Sarathi R., Yadav K.S., Swarna V., Understanding the surface discharge characteristics of thermally aged copper sulphide diffused oil impregnated pressboard material // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2015. Vol. 22, Is. 5. Pp. 2513–2521.

4. СТО 56947007-29.180.010.008-2008. Методические указания по определению содержания ионола в трансформаторных маслах методом газовой хроматографии. М: ОАО «ФСК ЕЭС», 2007. 26 с.

5. Research of the changes in the structural group composition of transformer oil during operation / O.E. Kurakina [et al.] // Problemele energeticii regionale. 2018. Is. 2 (37). Pp. 39–45.

6. Козлов В.К, Гарифуллин М.Ш. Особенности оптических характеристик трансформаторных масел различных марок // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2015. № 11-12. С. 11–19.

7. Bo Qi, Xiaolin Zhao, Chengrong Li, Hao Wu. Transient electric field characteristics in oil-pressboard composite insulation under voltage polarity reversal // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2015. Vol. 22, Is. 4. Pp. 2148–2155.

8. Рудаков О.Б., Тхинь Фан Винь. Применение микроколоночной ВЭЖХ для контроля ионола в трансформаторном масле // Сорбционные и хроматографические процессы. 2008. Т. 8, вып. 1. С. 141–146.

9. Коробейников С.М., Лютикова М.Н. Исследование технологических операций, влияющих на определение концентрации присадки Ионол в изоляционном масле высоковольтного оборудования // Проблемы региональной энергетической. 2018. № 1 (36). С. 96–105.

10. Новиков В.Ф., Карташова А.А., Танеева А.В. Инструментальные методы анализа. В 3 ч. Ч. 3. Газохроматографический контроль производственных процессов в энергетике: монография / под ред. проф. В.Ф. Новиков. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т. 2018. 328 с.

УДК: 543:054.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Нигматуллин Р.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
rad3723@yandex.ru
Науч. рук. Новиков В.Ф.

Подчеркнута важность очистки техники от загрязнений. Проведен сравнительный анализ органических растворителей с использованием восходящей тонкослойной хроматографии. Подсчитано среднее значение измерений по длине сорбционного слоя силикагеля.

Ключевые слова: загрязнения техники, хроматография, длина сорбционного слоя, токсичность.

Одним из важнейших условий, обеспечивающих эксплуатационную надежность транспортных средств, устройств и оборудования, является чистота их деталей, узлов и агрегатов.

Для проведения очистки необходимо выполнить целый ряд работ, в частности определить характер загрязнений, установить порядок очистки и промывки, подобрать соответствующие растворители, а также методы и технологические оборудование для реализации указанного процесса. Растворители должны обладать хорошей растворяющей способностью, четкой избирательностью и селективностью, высоким уровнем моющих свойств и испаряемости после обработки поверхности, совместимостью с обрабатываемой поверхностью, т. е. не вызывать отрицательного воздействия на детали техники.

Для очистки техники применяют, как правило, универсальные растворители, способные растворять различные вещества, входящие в состав загрязнений. Это свойство является весьма важным, поскольку загрязнения техники включают композицию веществ сложного состава органического и неорганического происхождения.

В этой связи процесс очистки имеет четко выраженный комплексный характер и разработка мероприятий по его реализации представляет собой самостоятельное научно-техническое направление [1].

С этой целью нами был использован вариант восходящей тонкослойной хроматографии, когда тонкослойная пластинка помещалась в камеру, а растворитель за счет капиллярных сил сорбента поднимался по длине сорбционного слоя. При этом через каждые 10 мм фиксировалось время подъема растворителя по длине сорбционного слоя. В качестве тонкослойной пластины использовали сорбционный материал на основе силикагеля с ультрафиолетовым индикатором, который был нанесен на инертную твердую подложку из алюминия. Силикагель относится к полярным сорбентам с активными силанольными группами [2].

Экспериментальная часть работы проводилась с использованием лабораторной установки, представленной на рис. 1. Проводилось сравнение времени удерживания сорбатов, помещенных в виалу лабораторной установки. Результаты эксперимента представлены в таблице, где L_x – длина сорбционного слоя, см; $\Delta t_{ср}$ – среднее значение времени, с.

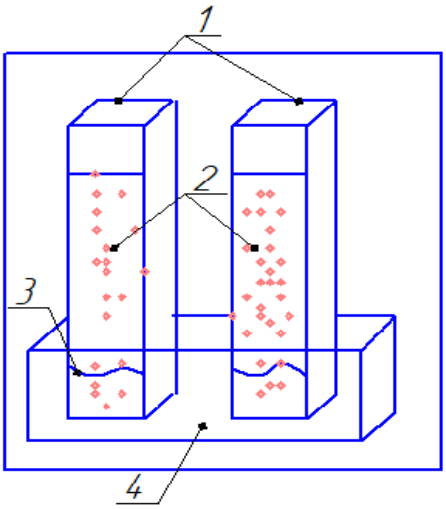


Рис. 1. Лабораторная установка для исследования селективности растворителей: *1* – тонкослойная пластинка; *2* – сорбент на инертной подложке; *3* – уровень растворителя; *4* – виала

Среднее значение измерений по длине сорбционного слоя силикагеля

L_x	$\Delta t_{срГЕК}$	$\Delta t_{срМ}$	L_x	$\Delta t_{срГЕК}$	$\Delta t_{срМ}$
1	4,8	4,8	6	743,5	543,5
2	43,0	41,5	7	1334,0	856,3
3	113,8	100,8	8	2001,0	1295,8
4	239,0	184,0	9	2700,0	1890,8
5	435,5	319,5	10	3900,0	2592,0

Из рис. 2 видно, что в начальном стадии сорбционного процесса наблюдается совпадения время удерживания растворителей, очевидно, это связано с неточностью измерений и неравномерности сорбционного процесса. В средней стадии стабилизируется, за счет равномерности сорбционного процесса. В конечной стадии время удерживания длины сорбционного слоя сильно замедляется у метилэтилкетона, чем у н-гексана. Это обуславливается тем, что у кетонов более высокая растворяющая способность и сравнительно малая токсичность. Они являются растворителями большинства пленкообразующих веществ. Гексан, как углеводородный органический растворитель, является неполярным веществом, поэтому его способность растворять алкидные и другие вещества, а также полимеризованные масла относительно невелика. Его применяют для растворения неполярных и слабополярных загрязнений [3, 4].

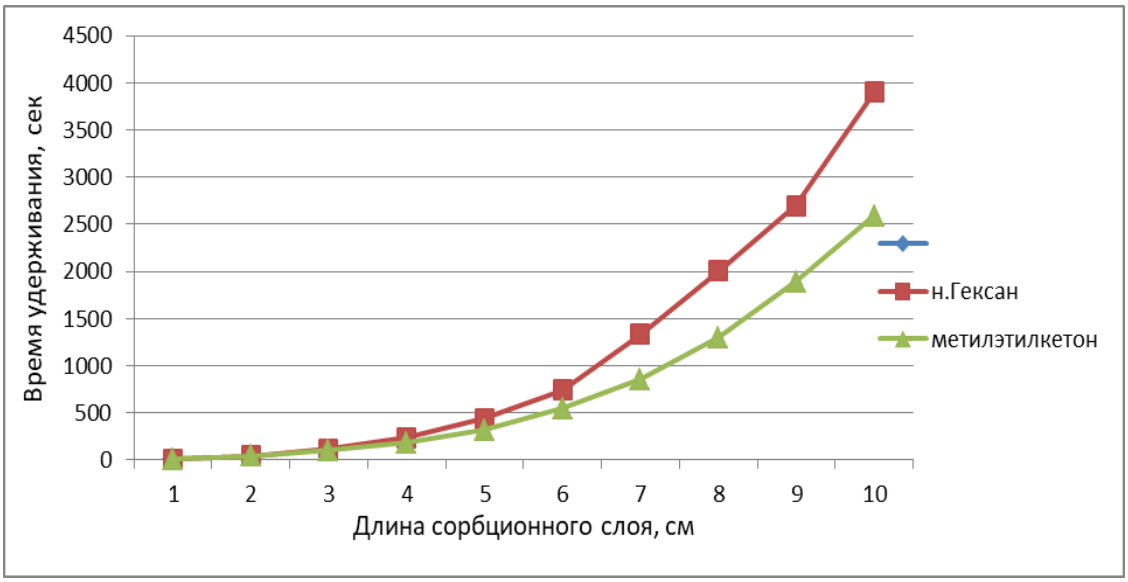


Рис. 2. График зависимости время удерживания н-гексана и метилэтилкетона от длины сорбционного слоя силикагеля

Литература

1. Бедрик Б.Г., Чулков П.В., Калашников С.И. Растворители и составы для очистки машин и механизмов: справочник. М.: Химия, 1989. 174 с.

2. Полярные адсорбенты и их свойства [Электронный ресурс]. URL: https://chem21.info/info/1853856/ (дата обращения: 03.02.2020).

3. Абрамзон Л.А. Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение. Л.: Химия, 1984. 304 с.

4. Козлов Ю.С., Кузнецов О.К., Тельнов А.Я. Очистка изделий в машиностроении. М.: Транспорт, 1982. 264 с.

УДК553.611.5(03)

АНАЛИЗ СОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН БИКЛЯНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Нурисламов Ф.Ф.[1,2]

[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[2]Филиал АО «СО ЕЭС» РДУ Татарстана, г. Казань

nurislamoff@mail.ru

Науч. рук. Танеева А.В.

Рассмотрены сорбционные свойства бентонитовых глин Биклянского месторождения. Показано, что эти бентониты относятся к кальциевым бентонитам, что характеризует их слабое набухание. Был проведен анализ сорбции ионов аммония из сточных вод бентонитом. Эксперимент проводили в различных условиях для определения времени контакта при pH=6. Обнаружено, что сорбция ионов аммония проходит в три стадии: мгновенная сорбция аммония, происходящая в течение 10 мин., затем наступает постепенное равновесие и в третьей фазе происходит конечное равновесие. Также показано, что при повышении температуры с 20 до 100 °С сорбция аммония на бентонитовой глине также увеличивается.

Ключевые слова: сорбция, адсорбент, бентонитовая глина, бентонит, Биклянское месторождение.

На сегодняшний день бентонитовые глины широко используются в разнообразных областях промышленности: в сельскохозяйственной сфере, пищевой, медицинской и нефтехимической отраслях. Достаточно часто бентонитовые глины применяются в качестве высокоэффективных сорбентов для нужд очистки сточных вод [1].

Для классификации бентонитовых глин в промышленности используется следующий принцип, при котором бентониты с высокой концентрацией монтмориллонита принято делить на три группы: бентониты буровых растворов, литейные бентониты и бентониты-адсорбенты. Главная характеристика бентонитовых глин это их набухание в воде для щелочных и распад для щелочно-земельных. Щелочные бентониты в силу высокой концентрации монтмориллонита обладает большим количеством активных центров, по этой причине щелочные бентониты являются предпочтительными для использования в качестве сорбентов.

Наибольшей способностью ионного обмена обладают натриевые бентониты, особенностью же кальциевых бентонитов является незначительное разбухание, эта особенность позволяет использовать их в качестве фильтрующего вещества для нужд очистки водных растворов. Весьма важной в отношении минералов группы монтмориллонитов является их способность набухать при контакте с водой, а при нагревании равномерно выделять адсорбированную воду [2].

В качестве объекта исследования выступил бентонит Биклянского месторождения, которое расположено в Тукаевском районе Республики Татарстан вблизи с. Биклян, в 1,5 км к юго-западу от г. Набережные Челны.

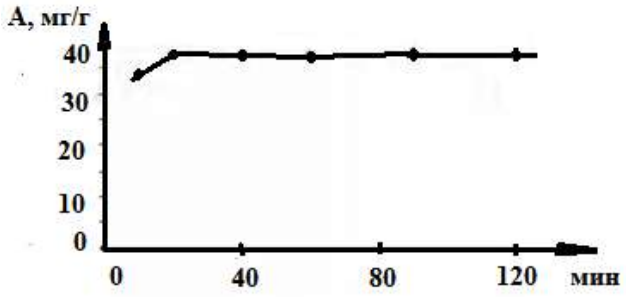
Данный бетонит относится к осадочному геолого-промышленному типу месторождения. Бентонитовая глина Биклянского месторождения Юго-Восточного участка относится к группе низкокачественных глин щелочноземельного типа, в которых содержание монтмориллонита верхнего пласта достигает 58…82 %, с примесью каолинита – 7…25 % и гидрослюды – 12…16 % [3].

Минеральный состав Биклянского бентонита РТ имеет следующий состав: монтмориллонит – 60…70 %; гидрослюда – 5…15 %; каолинит – 5…10 %. Бентонитовая глина Биклянского месторождения относится к кальциевым бентонитам и характеризуется слабым разбуханием.

По этой причине важной задачей было определить сорбционные способности Биклянского бентонита с целью анализа возможности его применения для нужд очистки сточных вод.

Образец исследуемого бентонита массой 1–2 г помещали в 100 мл дистиллированной воды и оставляли на 1 ч, после чего декантировали и заливали 100 мл модельного раствора сточной воды. Затем адсорбент смешивали с модельным раствором и отбирали пробы через 5, 10, 20, 40, 60 и 120 мин. после манипуляций.

Был проведен анализ сорбции NH_4^+ на бентоните из сточных вод, при этом эксперимент проводили при различных условиях для определения времени контакта при pH = 6. На рисунке приведена зависимость эффективность сорбции аммиака в сточных водах бентонитовой глиной.



Сорбция аммиака в сточных водах бентонитовой глиной Биклянского месторождения во времени

Как видно из рисунка, сорбция NH_4^+ происходит в три фазы. В первой фазе в течение первых 10 мин происходит мгновенная сорбция аммония, после чего наступает вторая стадия с образованием постепенного равновесия. В третьей фазе происходит конечное равновесие.

Кроме того, было рассмотрено влияние температуры на сорбцию аммония в диапазоне от 20 до 100 °C, при котором обнаружено, что количество удаляемого аммония увеличивается с повышением температуры, так как процесс адсорбции имеет химическую природу.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что бентониты Биклянского месторождения способны эффективно удалять ионы аммония из сточных вод, причем эффективность очистки сточных вод от аммиака напрямую зависит от температуры.

Литература

1. К вопросу о сорбционной очистке воды монтмориллонит содержащей глиной / О.Н. Каныгина [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 9 (170). С. 160–163.

2. Никитина Н.В. Физико-химические свойства сорбентов на основе природного бентонита, модифицированного полигидроксокатионами металлов: дис. … канд. хим. наук. Саратов. 2018. 153 с.

3. Сабитов А.А. Месторождения бентонитов республики Татарстан: геология и генезис, направления использования сырья // Георесурсы. 2015. Т. 1, № 4 (63). С. 38–43.

УДК 621.311

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В РОССИИ

Петров В.Ю.[1], Шарапов Т.Р.[2], Шакурова Л.И.[3]
[1-3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]petrov.v.9713@gmail.com, [2]timur.sharapov.97@mail.ru, [3]shakurovaaal@ gmail.com
Науч. рук. Ахмеров А.В.

Анализируются аспекты, имеющие влияние на развития и перспективы развития энергосбережения в России. Рассмотрены факторы препятствующие развитию энергосбережения в России, а так же выделены перспективные направления развития в данной области, которые позволят достичь значимых результатов в области энергосбережения и энергоэффективности в России.

Ключевые слова: энергосбережение, российская энергетика, энергоэффективность, теплоизоляция, эксплуатация зданий.

В современных условиях актуальным является вопрос снижения количества потребляемой энергии и рациональное использование энергоресурсов. Данная цель достижима лишь с использованием передовых энергосберегающих технологий, применяемых комплексно, а также интеграции мер организационного толка, которые главным образом направленны на энергосбережение. В последнее время за счет эффективных решений в области энергетики заметно улучшилось благосостояния многих стран. Конечно, это стало возможным благодаря увеличению производства энергоресурсов, но немаловажным аспектом явилось и то, что были внедрены методы эффективного использования энергии и энергосберегающих технологий. Политика увеличения энергетической эффективности РФ является одним из ключевых направлений последних лет [1].

Несмотря на мобилизацию в области энергосбережения, Россия находится еще на стадии внедрения данных технологий в инфраструктуру страны. Западные страны во многом уже преуспели, что объясняется их обеспокоенностью данным вопросом с начала 1970-х годов, после энергетического кризиса. Тогда многие развитые страны занялись разработкой соответствующей нормативной базы тарифного и технологического характера, направленной на энергосбережение.

В России объем энергоресурсов наоборот активно рос, развитие промышленности лишь способствовало этому, тарифы искусственно занижались, при этом потребитель никак не стимулировался к экономии энергии.

Именно по этой причине, в настоящее время Россия находится в затруднительном положении в вопросе энергосбережения. Российская Федерация обладает огромным объемом ресурсов, которые могут быть использованы гораздо более рационально и эффективно при условии успешного реализации политики повышения энергоэффективности в промышленной и общественной сфере.

Значимая часть энергоресурсов расходуется на нужды отопления, поэтому сокращение расходов в этой области являются основным, так как они имеют большой удельный вес в энергетики страны. Это стало причиной использования технологий с применением экономичных систем обогрева зданий, современных котельных, систем рекуперации тепла, удаляемого из помещения воздуха, утепления ограждающих конструкций здания и подобных мероприятий.

К факторам, препятствующим развитию энергоэффективности в России, можно отнести:

– особенности климата и географического положения, относительно холодный климат и обилие различных полезных ископаемых, которое не способствует стимуляции энергосбережения;

– энергетическая неграмотность в вопросе энергосбережения;

– морально и физически устаревшее оборудование на производстве, и жилищном фонде.

Внедрение энергосбережения невозможно без соответствующей законодательной базы, в последние годы в этом направлении было принято несколько важных нормативных актов.

Наиболее значительным из них является закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности», который регламентирует необходимость соответствия вводимых в эксплуатацию объектов строительства требованиям энергоэффективности, описывается комплекс мер рационального использования энергетических ресурсов, установлен порядок субсидирования и иные меры по стимуляции энергосбережения в России.

Настоящим федеральным законом установлены следующие требования:

– установление класса энергетической эффективности отдельных товаров;

– учет используемых энергетических ресурсов;

– энергетическая эффективность зданий, строений и сооружений;

– энергетический аудит объектов энергопотребления;

– наличие энергетического паспорта объекта;

– разработка программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности [2].

Развитие энергосбережения в России требует проведения основательных исследований с целью разработки энергосберегающих технологий с учетом климатических факторов и особенностей Российской промышленности и экономической конфигурацией страны, заимствуя опыт зарубежных стран и адаптируя его для актуальных условий развития энергетического сектора России, а также климата и иных специфических особенностей страны.

Таким образом, можно выделить следующие основные направления энергосбережения России:

1) модернизация промышленности с применением энергоэффективных технологий и оборудования;

2) стимулирование потребителей к более экономичному и рациональному использованию энергоресурсов за счет организационных и нормативных мер, тарифной политики, субсидирования;

3) повышение энергоэффективности при строительстве зданий и сооружений;

4) применение возобновляемых источников энергии;

5) внедрение автоматизированных систем учета энергоресурсов [3].

Только комплексный подход к повышению энергоэффективности строящихся и существующих зданий, а также промышленности и совершенствование действующего законодательства в данной сфере, может способствовать широкому распространению и интеграции необходимых мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности в РФ.

Литература

1. Рязанова Г.Н., Никонова И.О., Прокопьев А.Ю. Энергосбережение в России: задачи и пути их решения // Региональное развитие. 2015. № 7. 3 с.

2. Гашо Е.Г. Решение задачи энергосбережения в России. Некоторые итоги // Энергосбережение. 2017. № 2. С. 36–41.

3. Паламарчук А.Г. Анализ современного состояния энергосбережения в российской промышленности (часть 1) // Научные труды Вольного экономического общества России. 2020. № 1. С. 270–282.

УДК 628.543

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Петров В.Ю.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
petrov.v.9713@gmail.com
Науч. рук. Танеева А.В.

Рассмотрены основные способы модификации бентонитовой глины, используемой в качестве адсорбента для очистки сточных вод. Рассмотрены термическое и химическое модифицирование бентонитовых глин. Показано, что модифицированные бентониты обладают лучшими сорбционными характеристиками по сравнению с нативными бентонитами.

Ключевые слова: бентонитовая глина, адсорбент, сточные воды, модификация.

В настоящее время проблема очистки сточных вод является весьма актуальной. Адсорбционная очистка сточных вод достаточна эффективная (80–95 %). На эффективность адсорбционной очистки влияют несколько факторов: химическая природа сорбента, величина его сорбционной поверхности, химическое строение вещества и форма его нахождения в водной среде.

На сегодняшний день существует много сорбентов для очистки сточных вод от различных загрязнителей. Это и активированный уголь, отходы производства, к которым относят золу, шлаки, опилки, различные синтетические сорбенты. К сорбентам для очистки воды также можно отнести различные минеральные сорбенты – глины, силикагели, алюмогели. В настоящее время учеными ведется поиск оптимальных сорбентов, способных очищать воду одновременно от нескольких загрязнителей. Также этот сорбент должен обладать высокой сорбционной емкостью, быть способен к регенерации и быть экономически выгодным.

С целью улучшения сорбционных характеристик бентонитовых глин для очистки сточных вод от загрязнителей применяют их модифицирование, как термическое, так и химическое. За счет модификации получается сорбент с улучшенными сорбционными свойствами, такими, как емкость и время сорбции. Показано, что кислотная и кислотно-солевая модификация улучшает сорбционную способность нативной бентонитовой глины. Однако в ходе эксперимента было отмечено, что сорбционная способность кислотно модифицированной глины значительно снижается через две недели, что авторы объясняют «старением» сорбента [1].

С целью получения более устойчивого во времени сорбента использовали кислотно-солевую модификацию. В этом случае происходит изменение истинной плотности глинистых частиц бентонита за счет растворения полуторных оксидов образование пор и разрушения его кристаллической решетки. При кислотно-солевом модифицировании бентониты приобретают большую пористость, за счет этого сорбционная способность глины становится выше по отношению к ионам железа, меди, магния, кальция, хлорид- и сульфат-ионам. В таблице приведены значения эффективности сорбции неорганических примесей бентонитами.

Сорбционная способность модифицированных бентонитов

Показатель качества сточных вод	Сорбционная способность бентонитов, %	Оптимальный сорбент	
		Фракция частиц бентонитовой глины	Вид модификации
Общая жесткость, ммоль/л	85	*B* (0,16 ± 0,04 мм)	Кислотная: 10 и 20 % H_2SO_4
Содержание:			
ионов Ca^{2+}, мг/дм^3	87	*A* (0,63 ± 0,16 мм) *B* (0,16 ± 0,04 мм)	Кислотно-солевая: 30 % H_2SO_4 + р-р NaCl
ионов Mg^{2+}, мг/дм^3	54	*B* (0,16 ± 0,04 мм)	Кислотная: 10 и 20 % H_2SO_4
хлорид-ионов, мг/дм^3	74	*A* (0,63 ± 0,16 мм) *B* (0,16 ± 0,04 мм)	Кислотно-солевая: 30 % H_2SO_4 + р-р NaCl
сульфат-ионов, моль-экв./мл	85	*B* (0,16 ± 0,04 мм)	Кислотная: 10 и 20 % H_2SO_4
Содержание ионов железа, %	81	*B* (0,16 ± 0,04 мм)	Кислотная: 30 % H_2SO_4
	90	*B* (0,16 ± 0,04 мм)	Кислотно-солевая: 30 % H_2SO_4 + р-р NaCl

Из таблицы видно, что после модификации 30%-й серной кислотой мелкой фракции *B* бентониты обладают более высокими сорбционными характеристиками. Обнаружено, что бентониты крупной фракции *A*

обладают высокими сорбционными характеристиками по отношению к ионам хлора, кальция, а глины мелкой фракции *B* – к ионам меди, магния и железа.

Также модифицировали бентониты Трилоном Б и мочевиной. Показано, что модифицированная Трилоном Б бентонитовая глина сорбирует ионы кадмия вдвое меньше, чем нативная глина. Сорбция же кадмия на модифицированной мочевиной глине в 1,5 раза выше. Авторы объясняют это тем, что в механизм сорбции вносит вклад не только гетероатом, но также и доля функциональных групп (карбоксильных, аминогрупп) и их природа [2].

С целью улучшения сорбционных свойств бентонитовые глины также часто модифицируют полимерами [3].

Также широко используют термическую модификацию бентонитов. Рассматривали способность бентонитов к удалению меди из сточных вод в пористом слое глины. Такая модификация оправдана низкой стоимостью глин, их доступностью и сродством к различным ионам металлов. Термическая обработка улучшает адсорбционные свойства глины, что позволяет использовать ее в системе пористого слоя с увеличением площади поверхности и механической прочности. Было обнаружено, что при более высоких температурах активации бентонита лучше осуществлялась очистка сточных вод от меди [4].

Литература

1. К вопросу о сорбционной очистке воды монтмориллонит содержащей глиной / О.Н. Каныгина [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 9 (170). С. 160–163.

2. К вопросу использования монтмориллонит содержащих глин в дизайне сорбентов с заданными свойствами / А.И. Везенцев [и др.] // Научные ведомости. 2014. № 3 (174). Вып. 26. С. 109–114.

3. Polymerization and characterization of acrylonitrile with gamma-methacryloxypropyltrimethoxy-silane grafted bentonite clay / T. Seckin [et al.] // Journal of applied polymer science. 2002. Vol. 84, Is. 1. Pp. 164–171.

4. Thermally modified bentonite clay for copper removal / C. Bertagnolli [et al.] //International Nuclear Information System. 2011. Vol. 46 (1), Is. 2 (1). 9 p.

УДК 621.311.243+621.57

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ И ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Сеу Джару Г. Ж., Снигирева Ю.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
seudjarou@outlook.com
Науч. рук. Новиков В.Ф.

Предлагаются технические решения, направленные на оптимизацию выработки электрической энергии, с использованием солнечной установки и теплового насоса.

В последние годы цена за киловатт-час электроэнергии, выставляемая в сетях общего пользования, значительно возросла, поскольку этот сектор сталкивается с огромными ограничениями, введенными международными организациями в отношении его производства, с учетом экологических проблем. В этой печальной реальности ассоциация солнечной установки с сетями кажется оптимальным решением. Кроме того, экономия на счетах важнее для собственного потребления, чем доходы от общей продажи электроэнергии от солнечных панелей.

Ключевые слова: солнечная установка, оптимизация, собственное потребление, тепловой насос, электрический ток.

В настоящее время, фотогальванические установки покрывают максимум 30% инвестиционных затрат при вводе их в эксплуатацию. В этих условиях солнечная установка является более экономичной, так как является индивидуальным прибором. Электрический ток, подаваемый в сеть, часто возобновляется с очень низкой скоростью. Поэтому индивидуальное потребление электрической энергии является выгодным. С этой целью оптимальным решением является совместное использование при выработке электрической энергии солнечной установки и теплового насоса, которое можно разделить на два этапа. С одной стороны, необходимо будет правильно выбрать размер фотоэлектрической установки (20–30 % собственного потребления), а с другой стороны, адаптировать потребление тока к производству с помощью теплового насоса (30–50 % собственного потребления) [1–3].

Для решения этой проблемы разработано программное обеспечение (PV SYST), позволяющее определять размер солнечных панелей [4, 5]. С его помощью можно получать различную информацию, такую как производство энергии, облучение и стоимость установки, требуемая поверхность или даже годовой объем производства энергии (рис. 1).

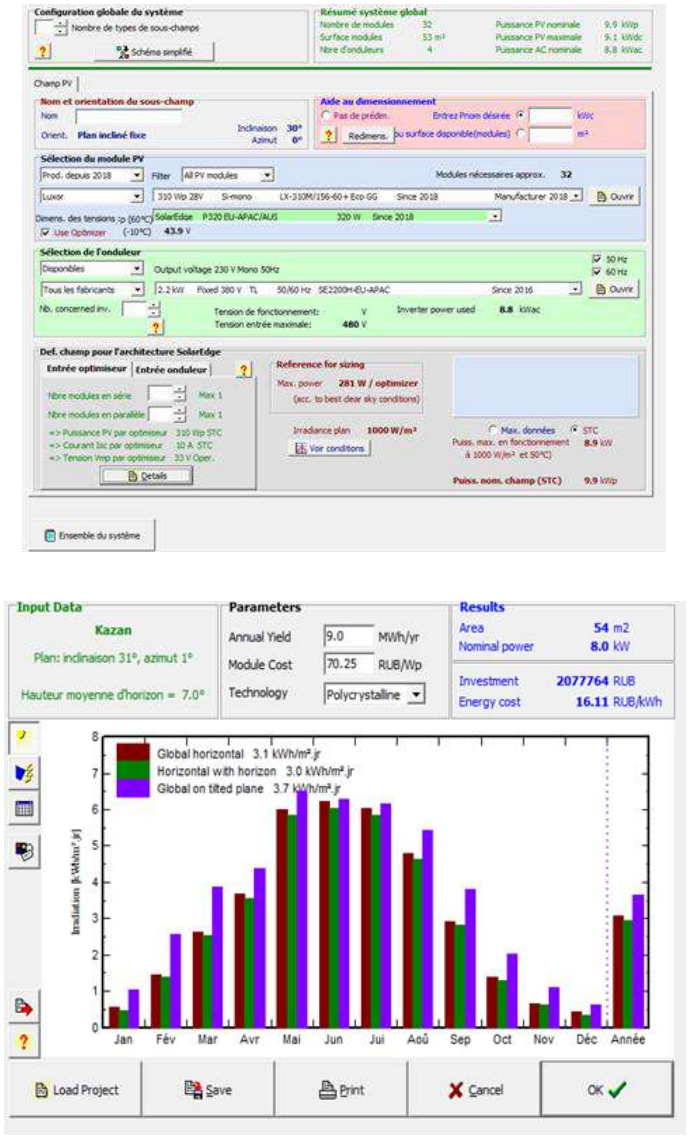


Рис. 1. Определение размеров и моделирование системы, связанной с сетью Республики Татарстан, завершенной с помощью программного обеспечения PV SYST

Тепловой насос не может работать автономно с фотоэлектрической установкой, поскольку он использует электричество круглый год, в частности, для отопления в не очень солнечные зимние месяцы. В зависимости от местоположения фотоэлектрическая установка производит с декабря по февраль лишь небольшую часть годовой выработки энергии (около 10–15 %). Тем не менее, чистое потребление может быть значительно увеличено, благодаря тепловому насосу,

соединенному с системой управления энергией. Оптимизированный в этом смысле тепловой насос автоматически включается, когда мощности, вырабатываемой фотоэлектрической системой, достаточно для того, чтобы с помощью солнечного тока можно было производить больше горячей воды и энергии нагрева. На рис. 2 приведена схема гидравлического подключения теплового насоса к фотоэлектрической установке.

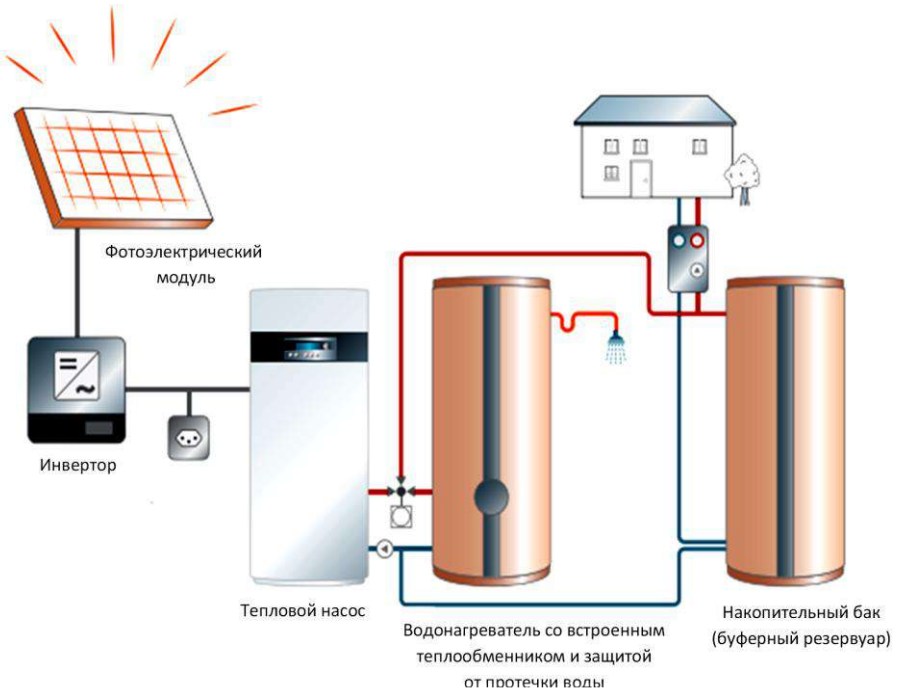


Рис. 2. Схема гидравлического подключения теплового насоса к фотоэлектрической установке

Как видно из рис. 2, при подключении теплового насоса к фотоэлектрической установке наблюдается оптимальное использование электрической энергии через буферную теплоемкость. Электрический ток, вырабатываемый солнечными панелями, не потребляемый в полевых условиях, используется тепловым насосом для нагрева воды, которая затем сохраняется в буферном резервуаре. Необходимо контролировать воду в резервуаре, которая должна быть не слишком сильно перемешана при заполнении тепловым насосом. При этом хорошая стратификация может повысить эффективность (КПД) теплового насоса на 10 %.

Литература

1. Швейцарская энергетика «Как оптимизировать чистое потребление солнечного тока». 2018. С. 15–17.

2. Ayoub Teffal. Modulation en Largeur d’Impulsion de type (sinus-triangle, pré-calculée): Ecole nationale des sciences de Khouribga, 2017/2018. 22 p.

3. Бюллетень международного института холода. Огайо, 2019. Т. 57, № 4-6. С. 18.

4. Mazille D., Boitier V. Документация по использованию программного обеспечения PVSyst V5. 2017.

УДК 543.544-414

НОВЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ

Титов Н.С.[1], Новиков В.Ф.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]titov_nikita_1996@mail.ru, [2]npo_aist@mail.ru

Предложен новый сорбент – цеолит Татарско-шатрашанского месторождения – для проведения восходящей жидкостной колоночной хроматографии. Представлены результаты времени удерживания неполярного растворителя по длине сорбционного слоя с интервалом в 10 мм.

Ключевые слова: цеолиты, сорбент, хроматография.

Сорбенты применяются практически во всех областях промышленности, в том числе и в энергетике. Использование сорбентов в первую очередь обусловлено очисткой от природных загрязнителей и тесно связано с защитой окружающей среды. Среди сорбентов известны синтетические цеолиты. Кристаллы цеолитов пронизаны системой каналов или полостей [1]. В дегидратированном состоянии эти минералы сорбируют аммоний, спирт, нитраты и другие вещества. Размеры каналов достаточны для проникновения в них органических молекул и катионов. Свойства цеолитов – распространенность, доступность, дешевизна, возможность неоднократного применения [2].

Объектом исследования был выбран цеолит Татарско-шатрашанского месторождения. Для проведения экспериментов использован метод восходящей жидкостной колоночной хроматографии. В качестве сорбента использовали н. Гексан, который относится к неполярным углеводородам. Определили время удерживания гексана по длине сорбционного слоя с интервалом 10 мм. Была проведена статистическая обработка экспериментальных данных, результаты которой приведены в таблице, где $T1 \ldots T10$ – время удержания гексана по длине сорбционного слоя.

Сорбционные свойства цеолитсодержащих пород Татарско-шатрашановского месторождения

№	*T*1	*T*2	*T*3	*T*4	*T*5	*T*6	*T*7	*T*8	*T*9	*T*10
1	1,02	3,20	6,02	10,14	14,53	20,13	28,15	36,28	45,54	59,20
2	0,57	3,11	5,49	9,32	13,56	20,01	27,19	36,34	48,53	61,12
3	0,59	2,54	5,35	9,06	13,29	18,47	25,21	33,06	44,12	58,19
4	1,00	2,59	5,32	9,18	13,51	19,56	27,01	35,51	47,17	61,27
5	0,55	3,32	5,12	8,43	12,50	18,10	24,25	32,10	41,54	57,36
6	0,53	2,44	5,17	8,55	12,54	19,04	25,17	32,48	42,56	56,43
7	0,16	1,10	2,39	5,00	8,42	13,09	17,28	24,45	31,55	41,51
8	0,15	1,26	3,02	5,57	10,16	16,13	24,25	32,35	42,47	53,35
9	0,16	1,42	4,30	7,45	11,56	16,35	21,40	26,59	33,54	42,24
10	0,23	1,22	3,07	5,08	8,37	12,10	16,30	21,26	27,37	37,44
11	0,18	1,14	3,01	6,12	10,25	15,14	18,27	25,22	33,46	42,36
12	0,18	1,18	3,07	5,83	9,42	14,38	20,06	26,56	34,27	42,46
13	0,24	1,18	2,54	4,48	7,42	10,44	14,27	18,43	23,48	31,16
14	0,12	0,45	2,10	4,11	6,52	10,30	15,08	21,02	27,02	35,48
15	0,25	1,16	2,46	4,47	7,16	13,50	18,07	23,59	30,45	41,23
16	0,10	1,12	2,37	4,33	6,54	9,19	12,09	16,30	20,54	32,12
17	0,22	1,19	2,60	4,60	7,56	9,57	13,14	17,12	20,40	27,51
18	0,35	1,26	2,38	4,15	6,20	9,07	14,07	16,51	23,36	32,43
19	0,30	1,16	2,25	4,09	6,01	10,36	18,21	25,44	29,13	37,42

Окончание таблицы

№	*T*1		*T*2		*T*3		*T*4		*T*5		*T*6		*T*7		*T*8		*T*9		*T*10	
20	0,34		1,25		3,04		4,32		6,47		10,12		15,05		18,11		25,23		34,50	
21	0,25		1,10		2,16		3,58		5,55		10,29		16,16		25,45		27,15		33,18	
22	0,29		1,15		2,18		3,50		5,54		9,30		13,47		18,22		25,30		31,46	
23	0,28		1,19		2,19		3,42		5,13		7,12		9,51		15,51		20,54		29,40	
24	0,36		1,28		2,37		3.49		5,32		7,53		10,22		13,26		17,28		21,37	
25	0,43		1,35		2,43		4,00		5,39		7,32		9,26		11,38		14,48		18,08	
26	0,42		1,29		2,34		3,42		5,08		7,19		9,47		14,29		20,47		23,39	
27	0,54		1,42		2,42		3.26		5,25		7,19		9,35		12,45		16,51		19,50	
28	0,28		1,08		2,00		4,00		5,18		7,32		10,19		12,46		20,08		22,12	
29	0,29		1,23		2,13		3,37		5,48		8,22		10,50		13,40		16,53		20,11	
30	0,34		1,12		2,14		3,57		5,04		7,26		9,30		12,12		15,31		18,28	
Кол-во изм.	Δ	δ %	Δ	δ %	Δ	δ %	Δ	δ %	Δ	δ %	Δ	δ %	Δ	δ %	Δ	δ %	Δ	δ %	Δ	δ %
n =5	0,30	40,2	0,85	25,20	1,42	17,72	1,76	18,26	1,90	16,68	2,14	15,92	2,97	14,48	4,48	12,00	6,37	13,43	7,16	13,64
n = 10	0,23	47,18	0,63	28,55	0,9	19,87	1,36	17,49	1,56	13,14	2,03	11,74	2,91	12,3	3,72	11,99	5,10	12,61	6,40	12,12
n = 20	0,13	34,94	0,40	23,90	0,63	17,66	1,00	16,04	1,36	14,21	1,87	13,12	2,44	12,3	3,24	12,50	4,32	12,88	5,29	11,96
n = 30	0,08	23,48	0,27	17,80	0,47	15,08	0,80	15,04	1,17	14,34	1,68	13,83	2,30	13,74	3,02	13,56	3,88	13,48	5,15	13,78

Литература

1. Сычев К.С. Практическое руководство по жидкостной хроматографии. М.: Техносфера, 2010. 272 с.
2. Nichthauser J., Stepnowski P. Retention Mechanism of Selected Ionic Liquids On a Pentafluorophenylpropyl Polar Phase: Investigation using RP-HPLC // Journal of Chromatographic Science. 2009. Vol. 47, Is. 3. Pp. 247–253.

УДК 697.347:532.2

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Хабибуллина И.Ф.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ilzida.habibullina@mail.ru
Науч. рук. Гусячкин А.М.

Дано краткое описание экспериментальной установки для определения коэффициента теплопроводности волокнистых теплоизоляционных материалов на цилиндрических образцах; выявлены время стабилизации температуры материала и зависимость коэффициента теплопроводности гидрофобизированного волокнистого теплоизоляционного материала «Технониколь» от его температуры.

Ключевые слова: тепловая сеть, теплоизоляционный материал, теплопроводность, коэффициент теплопроводности, трубопроводы.

В практике проектирования и эксплуатации тепловых сетей возникает необходимость проверки теплозащитных свойств тепловой изоляции трубопроводов. От совершенства конструкции и теплозащитных свойств тепловой изоляции во многом зависят не только тепловые потери в тепловой сети, но и ее долговечность.

Самым важным показателем теплозащитных свойств является коэффициент теплопроводности. Теплоизоляционные материалы, в результате их высокой пористости, должны иметь низкие коэффициенты теплопроводности и высокие теплоизоляционные свойства.

Для измерения теплопроводности существуют различные способы и оборудование. В соответствии с ГОСТ 32025-2012 [1] теплопроводность теплоизоляционных конструкций трубопроводов тепловых сетей должна

определяться на цилиндрических образцах. Но для этого необходимо создать довольно сложную экспериментальную установку. На кафедре ЭЭ собрана лабораторная установка (рис. 1) для определения коэффициентов теплопроводности теплоизоляционных материалов для непредизолированных трубопроводов тепловых сетей в соответствии с ГОСТ 32025-2012 (EN ISO 8497:1996) [1], ГОСТ 7076-99 [3].

Рис. 1. Экспериментальная установка

Экспериментальная установка представляет собой нагреваемую изнутри испытательную трубу с наружным диаметром 89 мм с охранными зонами по торцам для компенсации потерь теплоты в осевом направлении. Нагрев испытательной трубы осуществлялся электроконтактным методом. Общая длина испытательной трубы 1440 мм, длина рабочего участка, который располагался по центру трубы, 480 мм, толщина теплоизоляционного слоя 83,5 мм [2].

Для определения коэффициента теплопроводности необходимо провести замеры температуры внутренней и наружной поверхности изоляции (рис. 2).

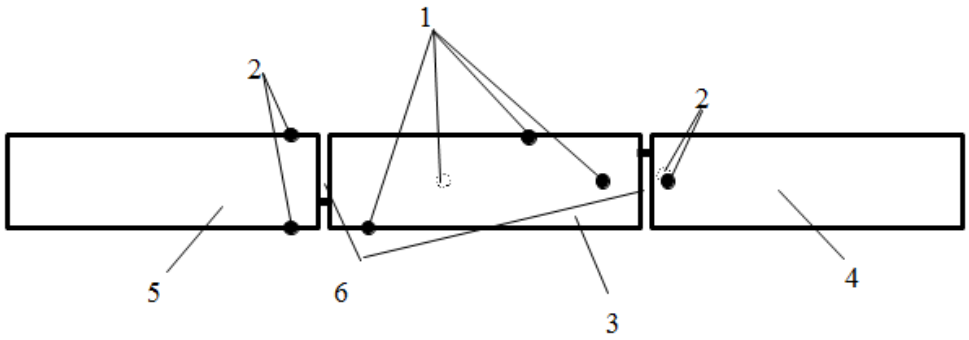


Рис. 2. Схема расположения датчиков температур (термопреобразователи сопротивления) и термопар (преобразователи термоэлектрические): *1* – датчики температур; *2* – термопары; *3–5* – соответственно рабочая, правая охранная и левая охранная зоны; *6* – воздушные зазоры для уменьшения перетоков тепла в осевом направлении

Температура изоляции измерялась с помощью датчиков температур расположенных непосредственно на испытательной трубе и на наружной поверхности изоляции. Датчики расположены на равномерном расстоянии друг от друга со смещением по винтовой линии на 90°.

Контроль температуры поверхности трубы в охранных зонах осуществлялся двумя термопарами, расположенными со смещением друг от друга на 180° каждой из зон.

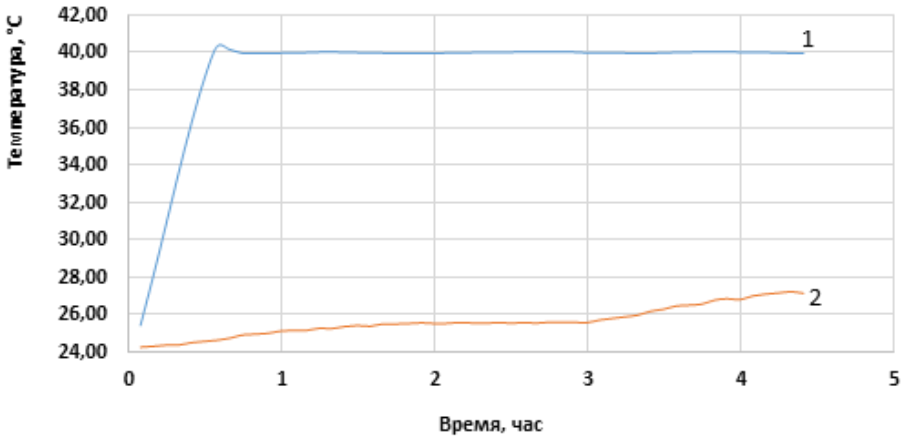
Электрическая мощность нагревательного элемента на рабочем участке определялась по показаниям многофункциональных токовых клещей АКТАКОМ АТК-2301.

Сигналы от датчиков температур (термопреобразователи сопротивления) и термопар (преобразователи термоэлектрические) подаются на измеритель-регулятор температуры ТРМ138, от которого преобразованный сигнал поступает в компьютер. Компьютер выдавал результаты измерений в цифровом виде. Обработка результатов проведена в программе Excel.

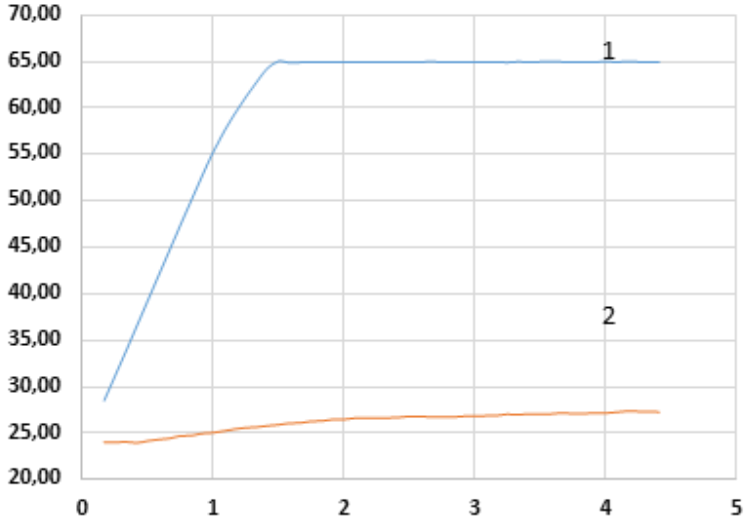
Все измеряемые величины должны фиксироваться после достижения стационарного теплового режима. Поэтому необходимо было выявить время выхода установки на стационарный режим.

Нами проведены эксперименты по определению коэффициента теплопроводности гидрофобизированного волокнистого теплоизоляционного материала «Технониколь» на цилиндрических образцах.

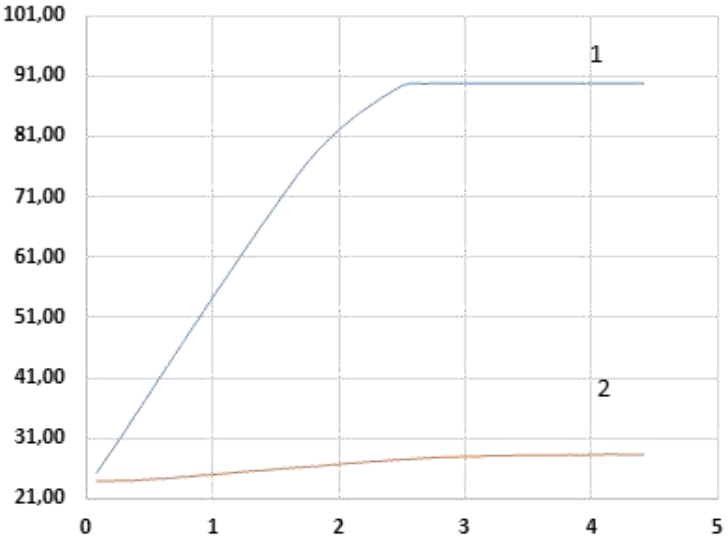
Измерения проводились при температуре поверхности трубы 40, 65 и 90 °С. С увеличением температуры поверхности трубы наблюдается увеличение времени стабилизации температур теплоизоляционного слоя (рис. 3).



а



б



в

Рис. 3. Графики стабилизации температур теплоизоляционного слоя при температурах поверхности трубы 40 (*а*), 65 (*б*) и 90 (*в*) °С: *1* и *2* – усредненные температуры наружной поверхности теплоизолируемой трубы и теплоизоляции, соответственно

В справочной литературе часто приводятся значения коэффициентов теплопроводности теплоизоляционных материалов, определенных при температуре 20 °С. Однако теплоизоляционные материалы тепловых сетей эксплуатируются в условиях высоких температур. Поэтому была поставлена задача выявить закономерность изменения величины коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала «Технониколь» от его температуры. Зависимость коэффициента теплопроводности λ исследованного материала от среднеарифметического значения его температуры представлена на рис. 4.

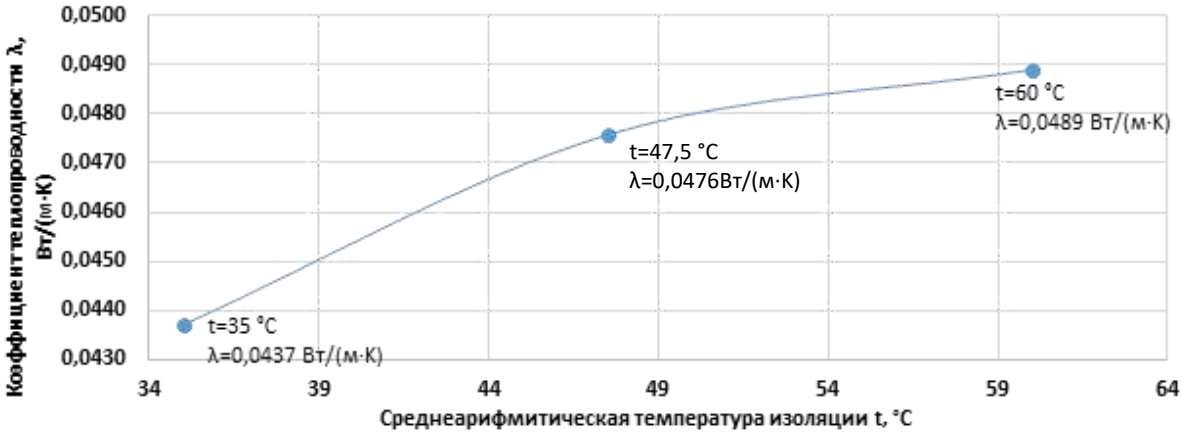


Рис. 4. Зависимость λ от среднеарифметической температуры изоляции

Для выявления возможности использования результатов экспериментального определения коэффициентов теплопроводности волокнистых теплоизоляционных материалов на плоских образцах для цилиндрических материалов необходимо провести сравнительные экспериментальные исследования на плоских и цилиндрических образцах.

Выводы

Получена зависимость времени стабилизации температуры изоляции при разных температурах поверхности трубы. Получена зависимость изменения коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала «Технониколь» от его температуры на цилиндрическом образце. Максимальная абсолютная погрешность измерения температуры составила ±1,9 °С, относительная погрешность – 6,6 %.

Литература

1. ГОСТ 32025-2012. Тепловая изоляция. Метод определения характеристик теплопереноса в цилиндрах заводского изготовления при стационарном тепловом режиме. М.: Стандартинформ, 2014. 23 с.

2. Effects of moisture content on thermal conductivity of thermal insulation materials / A.M. Gusyachkin [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 570, Is. 1. 6 p.

3. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. М.: ГУП ЦПП, 2000. 27 с.

УДК 620.9:543.544.43

РАЗДЕЛЕНИЕ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ В ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Ялалов И.Ф.[1], Тюряева С.А.[2], Мамонов Р.В.[3], Трофанчук В.М.[4], Ахмеров А.В.[5]
[1–5]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]@insaf-j@mail.ru, [2]Sve_t_i_ka@mail.ru, [3]rmam98@mail.ru,
Науч. рук. Осипов А.Л.

Рассмотрены методы разделения и концентрирования в хроматографическом анализе.

Ключевые слова: разделение, концентрирование.

При проведении химического анализа часто приходится решать задачи по открытию или определению данного вещества либо в присутствии других веществ, либо тогда, когда концентрация определяемого вещества очень мала (иногда – ниже определяемого минимума), либо в таких случаях, когда и концентрация определяемого вещества незначительна и имеются примеси мешающих веществ. В подобных ситуациях необходимо осуществлять разделение или концентрирование веществ.

Разделение – это операция (процесс), в результате которой компоненты, составляющие исходную смесь, отделяются друг от друга. При этом концентрации разделяемых компонентов могут быть одинаковыми или различными [1].

Концентрирование – это такая операция (процесс), в результате которой повышается отношение концентрации (количества) микрокомпонента к концентрации (количеству) макрокомпонента (или основы).

Под микрокомпонентом и макрокомпонентом подразумевают составные компоненты смеси, находящиеся соответственно в микроколичестве и в макроколичестве.

Различают абсолютное концентрирование и относительное концентрирование [1].

Абсолютное концентрирование – это перевод микрокомпонента из большой массы (или большого объема) образца в малую массу (или в малый объем). При этом повышается концентрация микрокомпонента.

Относительное концентрирование (обогащение) – это увеличение отношения между количествами микрокомпонента и макрокомпонента. К макрокомпонентам в этом случае относится и растворитель. Относительное концентрирование можно рассматривать как частный случай разделения, в результате которого концентрации компонентов смеси оказываются резко различными.

Результаты концентрирования количественно характеризуют коэффициентом (фактором) концентрирования F (встречаются и другие обозначения):

$$F = \frac{Q_1}{Q_2}; \quad \frac{Q_1^0}{Q_2^0} = \frac{Q_1 Q_2^0}{Q_1^0 Q_2},$$

где Q_1^0 и Q_2^0 – соответственно количество (или концентрация) микрокомпонента и макрокомпонента до концентрирования; Q_1 и Q_2 – соответственно количество (или концентрация) микрокомпонента и макрокомпонента после концентрирования. В случае абсолютного концентрирования Q_1^0 и Q_2^0 – количество (объем) раствора до и после концентрирования.

Методы разделения и концентрирования основаны на использовании различий в свойствах компонентов анализируемой системы, таких, как растворимость, температура кипения, скорость движения частиц во внешнем электрическом поле, сорбция и др. К числу наиболее распространенных методов разделения и концентрирования относятся следующие.

Методы испарения (упаривание, перегонка, сублимация) основы, в которой содержится концентрируемый компонент. Обычно различают упаривание и выпаривание. Упаривание – испарение основы, при котором часть ее остается в системе по окончании процесса испарения. Выпаривание (досуха) – испарение основы, при котором последняя удаляется полностью.

Озоление – метод, при котором исходный анализируемый материал путем термической обработки на воздухе превращают в минеральный остаток – золу. Применяют тогда, когда определяемый компонент (например, металлы-микроэлементы) распределен в большой массе сгораемой основы. Метод часто используют при анализе растительного лекарственного сырья – осторожно сжигают на воздухе сухую массу сырья.

Хроматография как метод исследования и анализа была введена в науку М.С. Цветом в 1903 г. В дальнейшем она развивалась рядом исследователей и в настоящее время широко применяется для идентификации, определения, разделения, концентрирования самых различных веществ.

Литература

1. «Методы разделения и концентрирования веществ в аналитической химии (в аналитике)» [Электронный ресурс] // Консультант врача: электр. мед. биб-ка. URL: https://www.rosmedlib.ru/doc/ISBN9785970429341-0011.html (дата обращения: 03.02.2020).

2. Александров Ю.Б. Совершенствование методов анализа индивидуального состава газообразного топлива и продуктов его горения на основе компьютерно-хроматографического модуля: автореф. дис. … канд. техн. наук. Казань, 2007. 24 с.

УДК 543.544.7

МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОБОПОДГОТОВКИ В ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Ялалов И.Ф.[1], Тюряева С.А.[2], Мамонов Р.В.[3], Трофанчук В.М.[4], Ахмеров А.В.[5]
[1-5]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]insaf-j@mail.ru, [2]Sve_t_i_ka@mail.ru
Науч. рук. Осипов А.Л.

Предложено решение для автоматизированной пробоподготовки экстракта по сравнению с другими известными методами анализа.

Ключевые слова: жидкостная экстракция, хроматограф, центрифуга, пробоподготовка.

Получение качественного экстракта из исследуемого лабораторного образца определенного вещества зависит от пробоподготовки [1, 2]. Для наглядного понимания каждого, отдельно взятого метода пробоподготовки экстракта из всех существующих целесообразно будет привести их сравнение (см. таблицу).

Методы жидкостной экстракции в органическом анализе [2]

Название метода	Название на английском языке	Экстрагируемые органические соединения
Жидкостная экстракция в аппарате Сокслета	Soxhlet extraction	Среднелетучие, нелетучие органические вещества; ПАУ; ПХБ; диоксины; фураны; хлорсодержищие пестициды и гербициды
Автоматизированная экстракция по Сокслету	Soxtec (Automated Soxhlet extraction)	Среднелетучие,нелетучие органические вещества; ПХБ; хлорсодержищие пестициды и гербициды
Экстракция в открытом микроволновом поле	Atmospheric Microwave-assisted extraction	Среднелетучие, нелетучие органические вещества
Сверкритическая флюидная экстракция	SFE (Supercritical fluid extraction)	Среднелетучие УВ; ПАУ; ПХБ; хлорсодержащие пестициды
Ускоренная эстракция растворителем/субкритическая экстракция	Pressurized fluid (liquid) extraction/ Accelerated solvent extraction	Среднелетучие, нелетучие органические вещества

Окончание таблицы

Название метода	Название на английском языке	Экстрагируемые органические соединения
Ускоренная эстракция растворителем/субкритическая экстракция	Pressurized fluid (liquid) extraction/ Accelerated solvent extraction	Среднелетучие, нелетучие органические вещества
Экстракция в микроволновом поле под давлением	Pressurized Microwave-assisted extraction	Окисленные органические вещества; ПАУ; ПХБ; хлорсодержащие пестициды; органо-металлические соединения
Жидкостная экстракция с ультразвуковой обработкой	Ultrasonic extraction/Sonification	Хлорсодержащие пестициды; органо-металлические соединения
Жидкостная экстракция при встряхивании/статическая экстракция	Shake-flask extraction	Среднелетучие, нелетучие органические вещества
Экстракция диспергированием в твердой фазе	Dispersive solid extraction	Среднелетучие, нелетучие органические вещества

Для упрощения и уменьшения времени пробоподготовки предлагается использование оборудования, позволяющего проводить концентрирование микропримесей органических и неорганических в центробежном поле [3].
На рисунке приведена сборка компонентов оборудования для исследования вещества в центробежном поле.

Сборка компонентов оборудования для исследования вещества в центробежном поле:
1 – ротор; *2* – сборник фугата; *3* – конический стакан; *4* – фильтр сменный; *5* – прижимное кольцо; *6* – сборка

Таким образом, предлагаемая конструкция пробоподготовки является перспективной при контроле содержания примесей в жидких и твердых образцах.

Литература

1. Александров Ю.Б. Совершенствование методов анализа индивидуального состава газообразного топлива и продуктов его горения на основе компьютерно-хроматографического модуля: автореф. дис. … канд. техн. наук. Казань, 2007. 24 с.

2. Другов Ю.С., Родин А.А. Пробоподготовка в экологическом анализе: практическое руководство. 3-е изд., доп. и перераб. М.: Бином. Лаб. знаний, 2009. 855 с.

3. Проблемы аналитической химии. Т. 10. Концентрирование следов органических соединений: сб. науч. тр. / отв. ред. Н.М. Кузьмин. М.: Наука, 1990. 279 с.

Секция 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

УДК 62-5

ИНФОРМАЦИОННОЕ РОБОТИЗИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО

Абдрахманов А.М.[1], Шайдуллин Д.В.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]abdrakhmanov100@mail.ru, [2]shaydullin.den@ya.ru
Науч. рук. Богданов А.Н.

Рассмотрено применение ранее разработанного нами роботизированного устройства «Автовизитница» для информационного сопровождения выставочной экспозиции. Роботизированное устройство «Автовизитница» предназначено для привлечения внимания посетителей выставки и интерактивной раздачи визиток, календарей и других материалов ограниченных размеров. Благодаря незначительному изменению конструкции – замене головной части (визитницы) на экран и переходу к созданию линейки роботов на основе общего шасси был получен информационный вариант. Данное решение увеличило функциональность и возможности применения разработки.

Ключевые слова: роботизированное устройство, выставочная деятельность, автоматизация, молодежное инновационное предпринимательство.

В конце 2019 г. нашей командой в рамках XXIII Аспирантско-магистерского научного семинара, посвященного Дню энергетика и V Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» был представлен рабочий прототип роботизированного устройства «Автовизитница» [1].

Данная разработка направлена на привлечение начального внимания посетителей выставок. Когда посетитель проходит мимо выставочного стенда, именно что-то неожиданное и непривычное способно привлечь его внимание. Интерактивный несложный формат взаимодействия посетителя выставки с роботизированным устройством является дополнительным положительным фактором, особенно в случае молодежных или детских выставок.

Несмотря на рабочее состояние, прототип он имел ряд недостатков, затрудняющих его применение:

– основание-платформу, на которой устанавливалась конструкция;

– излишний вес конструкции;

– повышенный шум работы;

– большие габариты;

– ограниченный алгоритм работы;

– малое количество визиток/календарей, загружаемых в визитницу.

В настоящее время конструкция роботизированного устройства изменена, поправлены отдельные недостатки. Представить и провести апробацию обновленной версии роботизированного устройства «Автовизитница» планируется уже в марте на выставке в рамках Татарстанского международного форума по энергоресурсоэффективности и экологии 2020, а концу лета 2020 г. разработать серийную версию.

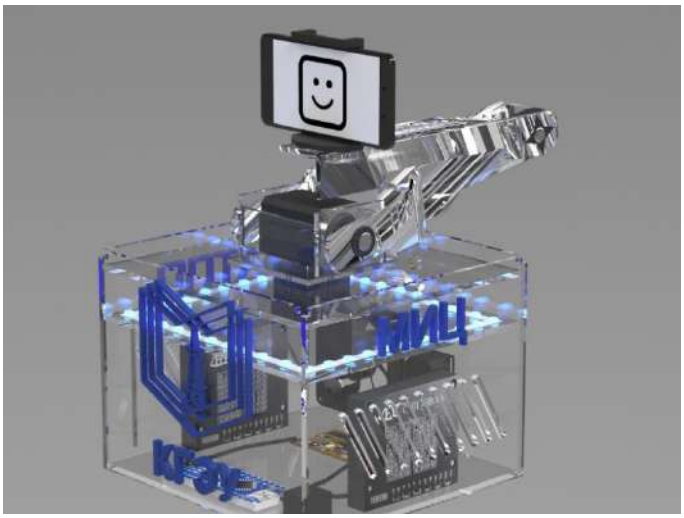
В ходе обсуждения дальнейших перспектив проекта с наставником команды – Рябых И.А., было решено перейти от узкоспециализированного решения к многофункциональной роботизированной платформе (МРП-1). Переход заключается в сохранении основной части конструкции – несущей – в качестве единого шасси и замене головной части – визитницы. Таким образом первое решение в линейке – Автовизитница, второе – Инфобот. В дальнейшем модельный ряд роботизированных устройств на основе МРП-1 будет расширяться, уже обсуждаются идеи для других решений.

Информационное роботизированное устройство предназначено для привлечения гостей выставок, информирования о продукте, развлечения посетителей мероприятий и др. В отличие от Автовизитницы головная часть заменяется на информационный экран. При этом головная часть сможет поворачиваться к ближайшему собеседнику. Несущая часть остается прежней, сохраняя возможность замены головной, подключив при необходимости визитницу или другое устройство из линейки МРП-1.

Общий дизайн конструкции в дальнейшем будет обновляться, рассматривается переход к более плавным или футуристическим формам. А также возможно изготовление дизайна под бренд заказчика.

Данный проект реализуется в рамках направления «Прикладная робототехника» на базе Молодежного инновационного центра «Энергия» (МИЦ). В рамках данного направления в МИЦ формируются команды, способные не только разработать, но и сделать такой рабочий прототип, который можно применить. Это является главным отличием от подобных объединений по робототехнике. Согласно результатам исследования,

в каждом крупном городе можно насчитать десятки различных кружков по робототехнике (их посещает от 6 до 10 % детей в России). Однако 11,7 % из них продолжают работать с детьми старше 15 лет [2]. Это вызвано большим разрывом между созданием робота для выставки/конкурса или для конкретного применения. Одно дело – разработать интересного робота, которого можно показать на выставке/конкурсе и совсем другое дело – разработать и изготовить удобное и полезное роботизированное решение, которое кто-то готов использовать на регулярной основе в своей деятельности или быту (см. рисунок).



Концептуальная 3D-модель роботизированного устройства «Инфобот»

В дальнейшем планируется разрабатывать роботизированные устройства и для других отраслей, в том числе для энергетики [3].

Литература

1. Разработка робота-визитницы для объектов малого и среднего предпринимательства / А.Р. Каюмова [и др.] // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. V Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2019. Т. 1. С. 34–36.

2. Результаты исследования кружков робототехники в России [Электронный ресурс]. URL: https://intalent.pro/article/rezultaty-issledovaniya-kruzhkov-robototehniki-v-rossii.html (дата обращения: 28.02.2020).

3. Кривошапка И.В. Национальные особенности ИИ. Роботы избавят от всего, что скучно, грязно и опасно [Электронный ресурс]. https://www.eprussia.ru/epr/381-382/9915542.htm (дата обращения: 28.02.2020).

УДК 621.316.718

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ SIEMENS

Баянов А.И.[1], Зайцев С.А.[2], Сафин М.А.[3]
[1-3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]aidar.bajanov@yandex.ru, [2]zaycev.stanislav92@mail.ru, [3]cmvorkut@mail.com

Предложен реализованный лабораторный стенд на базе современного оборудования для обучения студентов работе с системой автоматического управления процессами.

Ключевые слова: лабораторный стенд, система автоматического управления, автоматическое регулирование.

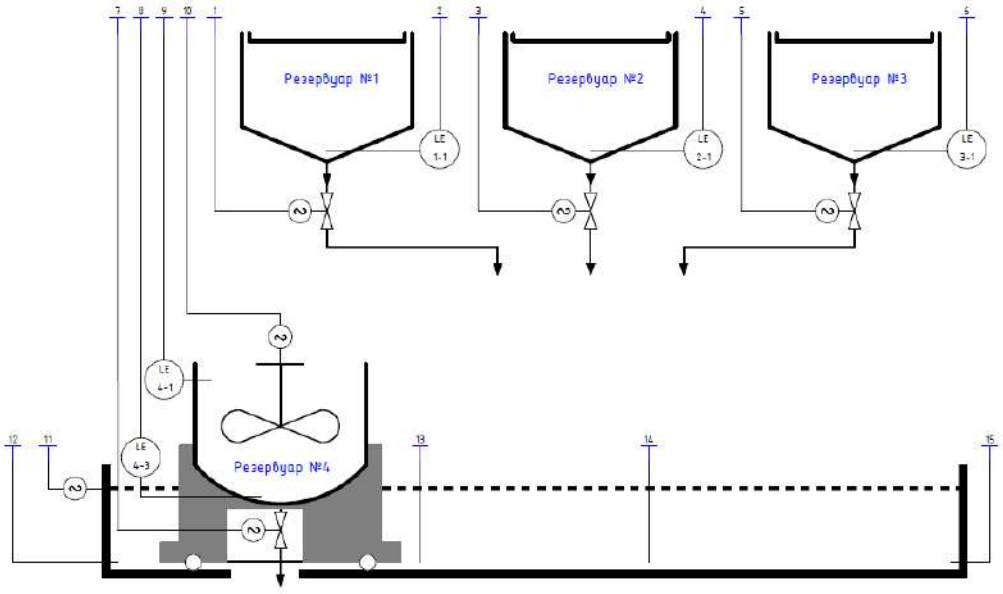
Автоматизация технологического процесса требует комплексного подхода. В состав систем автоматического управления входят датчики, исполнительные и управляющие устройства – все это позволяет контролировать и регулировать параметры процесса для получения наилучшего результата. Автоматизация производства даёт возможность быстрой перенастройки производства для выполнения технологических функций с определённой производительностью обработки на основе максимального использования вычислительной техники и электроники. Предприятия недалёкого будущего – это полностью автоматизированные цеха с гибкой организацией производства, обслуживаемого группами роботов с единым центром управления.

В рамках моей дипломной работы была разработана лабораторная установка на базе оборудования Siemens. Ее основной целью является обучение студентов работе с уже настроенной системой автоматического управления, а также проведение пуско-наладочных операций.

Установка разработана как симуляция упрощенного технологического процесса по смешиванию трех компонентов с трех резервуаров в четвертый. На стенде имеются переключатели и концевые выключатели для создания различных ситуаций для логики процесса, например, понижение уровня ниже допустимого.

По приведенной на рисунке функциональной схеме автоматизации можно лучше разобрать работу системы.

Описанный выше учебный стенд имитирует процесс заполнения передвижной емкости определенным продуктом с нескольких резервуаров. Установка позволяет не просто наблюдать со стороны за работой автоматики, но и влиять на процесс, изменяя параметры его элементов.



Функциональная схема автоматизации лабораторной установки

Тележка с резервуаром № 4 передвигается по определенной траектории с помощью двигателя (поз. *11*). По концевым выключателям (поз. *12–15*) определяется местоположение тележки на пути. Расположенный на тележке резервуар № 4 имеет дискретные сигналы уровня. При заполнении срабатывает датчик верхнего уровня (поз. *9*), а при критическом снижении уровня срабатывает датчик нижнего уровня (поз. *8*). В резервуаре № 4 с помощью миксера (поз. *10*) смешиваются в единую консистенцию содержимое резервуаров №№ 1–3. После смешивания получившийся продукт сливается для дальнейшей обработки через клапан на выходе из резервуара № 4 (поз. *7*). По мере движения тележки открываются или закрываются клапаны на выходе резервуаров №№ 1–3 (поз. *1*, *3*, *5*). На данных резервуарах стоят датчики с дискретным сигналом о понижении уровня ниже допустимого (поз. *2*, *4*, *6* соответственно резервуарам).

Компания Siemens является одной из ведущих компаний по производству оборудования в отрасли автоматизации. Поэтому умение разбираться во всех тонкостях высокотехнологичного оборудования – от простых контакторов до программируемых логических контроллеров, будет бесценным практическим опытом, который могут предложить своим студентам далеко не все университеты. Подробное описание работы лабораторного стенда показывает не просто возможность ознакомления студентов с основами их будущей профессии, а даже углубленное изучение программирования и проведение пуско-наладочных работ на актуальном оборудовании в области автоматизации.

Литература

1. Мичурина А.А., Нуруллин Р.Ю. Частотное управление асинхронным двигателем // Достижения науки и образования. 2015. № 1 (1). С. 4–5.

2. Селевцов Л.И. Автоматизация технологических процессов. М.: ИЦ «Академия», 2014. 352 с.

3. Перепелицына К.И., Доронин Д.Э., Савчиц А.В. Автоматизация системы управления приготовлением резиновых смесей // Молодой ученый. 2018. № 5 (191). С. 37–40.

УДК 621.438

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НА МАЛЫХ ТЭЦ КОМБИНИРОВАННЫХ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Белоусов Н.Н.[1], Калимуллин Р.Р.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань
[1]belousov0000@mail.ru, [2]rustam14061996@mail.ru
Науч. рук. Гильфанов К.Х.

Рассмотрена схема газовоздушной энергетической установки для комбинированной выработки электрической и тепловой энергии на малых ТЭЦ, выполнены расчеты системной тепловой эффективности.

Ключевые слова: газовоздушная установка, газотурбинная установка, тепловая экономичность.

В развитии энергетической отрасли наметилась тенденция строительства малых и средних ТЭЦ с газотурбинными установками (ГТУ). По сравнению с теплофикационными системами, на базе паротурбинных ТЭЦ с физически устаревшим оборудованием они обеспечивают экономию топлива и снижение эксплуатационных затрат.

Потребности в электрической и тепловой энергии существенно различаются по сезонам года. В летний период электрическая нагрузка снижается на 25–35 % по сравнению с зимней, то тепловая – уменьшается на 80–85 %. Поэтому наибольшей тепловой экономичностью обладают

режимы работы ТЭЦ с ГТУ по тепловому графику с остановом агрегатов по мере снижения нагрузки. Для повышения тепловой экономичности ГТУ при работе по электрическому графику могут применяться установки с внутрицикловой регенерацией [1]. В частности, предлагается использовать теплоту уходящих газов газовой турбины в воздушной энергетической установке (ВЭУ) для выработки дополнительной электрической энергии и отпуска теплоты.

Достоинством предлагаемой схемы является повышение электрического КПД установки, снижение температуры уходящих газов после утилизатора, возможность использования отводимого из установки воздуха в технологических процессах предприятий, меньшая стоимость воздушного цикла по сравнению с паровым.

Тепловую экономичность малой ТЭЦ, по сравнению с раздельной схемой энергоснабжения, можно оценить по абсолютной экономии топлива:

$$\Delta B_{\text{эк}} = B_{\text{КЭС}} + B_{\text{кот}} + B_{\text{ТЭЦ}}, \qquad (1)$$

где $B_{\text{КЭС}}$, $B_{\text{кот}}$ и $B_{\text{ТЭЦ}}$ – расходы условного топлива на конденсационной электростанции (КЭС), в котельной (КОТ) и на ТЭЦ, кг у.т./год.

Выражая составляющие (1) через КПД энергоустановок:

$$\Delta B_{\text{эк}} = \frac{1}{Q_{\text{н}}^{p}}\left[\frac{Q_{\text{т}}\alpha_{\text{т}}}{\eta_{\text{кот}}} - \text{э}\left(\frac{1}{\eta_{\text{э}}^{\text{ГВУ}}} - \frac{1}{\eta_{\text{э}}^{\text{КЭС}}\eta_{\text{ЭС}}}\right)\right], \qquad (2)$$

где $Q_{\text{н}}^{p}$ – теплота сгорания топлива, кДж/кг; $Q_{\text{т}}$ – количество теплоты, кВт·ч/год; $\alpha_{\text{т}}$ – коэффициент теплофикации; $\eta_{\text{кот}}$ – КПД котельной; Э – отпущенная со станции электрическая энергия, кВт·ч/год; $\eta_{\text{э}}^{\text{ГВУ}}$ – электрический КПД; $\eta_{\text{э}}^{\text{КЭС}}$ и $\eta_{\text{ЭС}}$ – КПД КЭС и электрических сетей.

Расчет годовых показателей относительной экономии топлива для рассмотренных вариантов работы малых ТЭЦ выполнен при следующих условиях: $Q_{\text{н}}^{p} = 29330$ кДж/кг; $\eta_{\text{э}}^{\text{КЭС}} = 0{,}4$; $\eta_{\text{ЭС}} = 0{,}95$; $\eta_{\text{кот}} = 0{,}92$ и $\alpha_{\text{т}} = 0{,}8$. Учет изменения параметров установок при различных температурах наружного воздуха выполнен по методике [2]. Результаты расчетов сведены в таблицу.

Годовые показатели различных вариантов ТЭЦ

Наименование	Варианты			
	1	2	3	4
Электрически КПД, η, %	38,2	42,7	44,1	33,9
Относительная экономия топлива, $\delta B_{эк}$ %	19,4	27,2	29,3	22,9

Из таблицы видно, что в случае схемы малой ТЭЦ с газовоздушной установкой (ГВУ) экономия топлива составит 27,2 %, с регенерацией – 22,9 %, без регенерации – 19,6 %. Таким образом, использование ГВУ ведет к приросту $\delta B_{эк}$ по сравнению со схемой с регенерацией на 4,3 %, а без регенерации – на 7,8 %.

В результате предложена схема комбинированной газовоздушной установки для малых ТЭЦ (см. рисунок), обеспечивающая экономию топлива в 27,2 %, по сравнению с раздельной схемой.

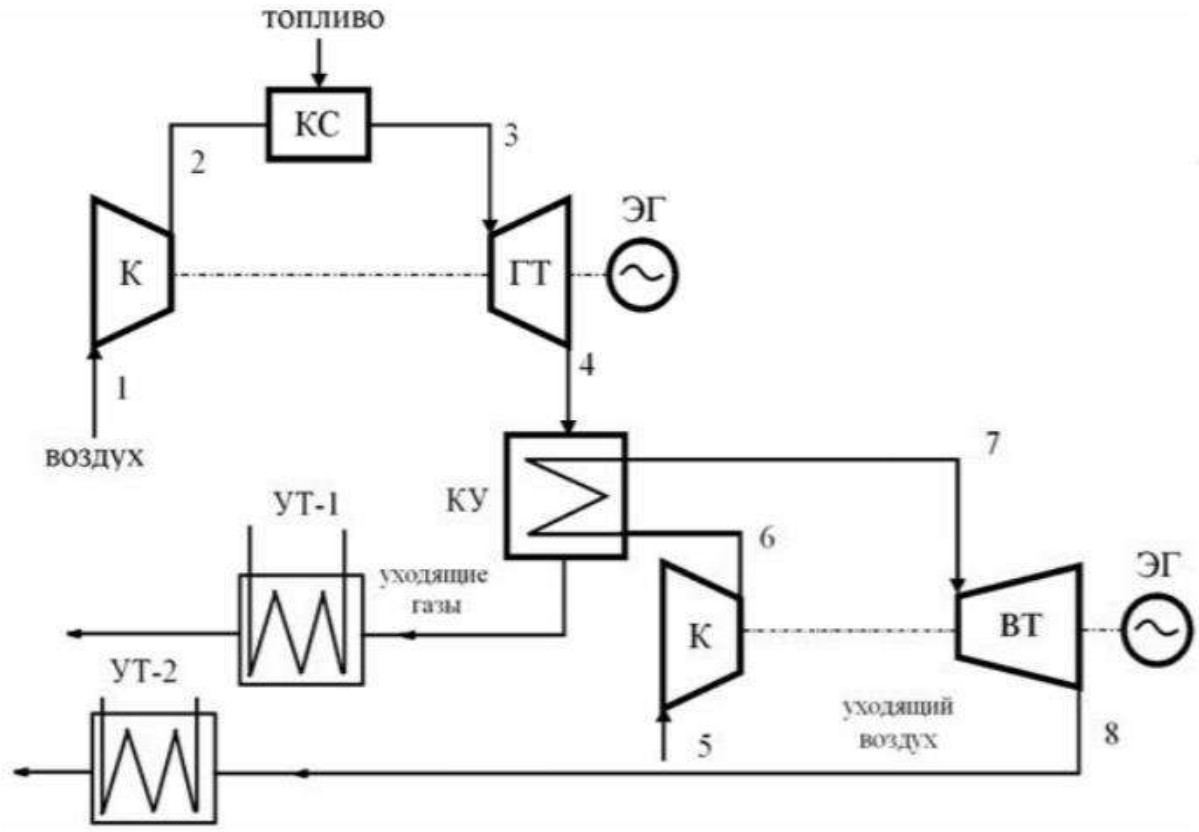


Схема ГВУ: К – компрессор; КС – камера сгорания; ГТ – газовая турбина; КУ – воздушный котел; УТ – утилизатор теплоты; ВТ – воздушная турбина; ЭГ – электрогенератор; *1–8* – точки цикла

Литература

1. Бекнев В.С., Иванов В.Л. Возможный способ повышения мощности и экономичности стационарных комбинированных энергетических установок с газовыми турбинами // Теплоэнергетика. 2005. № 6. С. 43–47.

2. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов / под ред. С.В. Цанева. М.: МЭИ, 2002. 584 с.

УДК 628.3:628.336.42

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ УТИЛИЗАЦИИ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Гимазетдинов И.Р.[1], Богданова Н.В.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
g.ilmir8297@gmail.com, nv_voronina@mail.ru

Предложено решение проблемы утилизации биологических отходов из пунктов эвакуации людей с помощью автономной автоматической системы управления процессом утилизации бытовых отходов, которая заменяет стационарные пункты сбора и переработки отходов.

Ключевые слова: автономная автоматическая система управления, биологические отходы, биологическая опасность, техногенная катастрофа.

В наше время существует множество техногенных и природных катастроф, которые могут угрожать мегаполису. К ним можно отнести взрывы на различных объектах, пожары, затопления, землетрясения и другие опасные ситуации. К сожалению, не смотря на быстрое развитие современных технологий, количество катастроф, имеющих разную природу возникновения, во всем мире с каждым годом только увеличивается.

Ликвидации последствий аварийных ситуаций или катастроф природного происхождения предшествует оценка обстановки в пострадавшем районе. Эксперты оценивают степень разрушения жилых зданий, технологических объектов и оборудования, сохранившегося или разрушенного, наличие повреждений или разрушений энергетических сетей

и коммунального оборудования. Важным критерием оценки является наличие или отсутствие пожаров, возможных путей их распространения, на которые влияют географические особенности территории, а также характер ее застройки и возможное расположение на ней сетей, трубопроводов и других объектов [1].

Важным фактором оценки состояния территории после аварии является необходимость в эвакуации населения в специальные эвакуационные пункты. Они могут представлять собой школы, больницы, курортные здания, в которых уже решен вопрос удаления биологических и бытовых отходов в штатном режиме. Но также существуют пункты, где нет такой возможности. К ним можно отнести пункты каркасного и палаточного типа [2]. Такие эвакопункты, как правило, не имеют стационарных систем жизнеобеспечения. Поэтому системы очистки воды, доставка питания, медикаментов, обеспечение теплом и электрической энергией должны быть организованы в кратчайшие сроки.

На этот период, кроме обеспечения людей продуктами питания, жильем и другими средствами первой необходимости, существенной проблемой станет утилизация биологических отходов из мест временного проживания людей. Биологические отходы имеют IV и V классы опасности, которые образуют вредные вещества, такие как аммиак, метан, вещества, содержащие соединения серы, ядовитые газы.

Биологические отходы представляют опасность самостоятельно либо при взаимодействии с другими веществами. Если не уделить должного внимания решению данной проблемы, биологические отходы способны нанести серьезный вред здоровью человека и окружающей природной среде [3].

Пребывание большого количества людей на ограниченной территории, даже в течение нескольких суток, неизбежно приведет к необходимости решения проблемы утилизации биологических отходов, количество которых будет постоянно расти.

Обеспечение биологической и химической безопасности населения и персонала эвакуационных пунктов требует автоматизации при утилизации бытовых и биологических отходов. В настоящее время уже существуют автоматизированные пункты сбора и переработки бытовых и биологических отходов, но они носят стационарный характер. Для них требуются специализированные места либо здания для установки оборудования [4, 5]. В условиях эвакопункта это может стать неразрешимой проблемой.

Для ее решения мы хотим предложить автономную автоматическую систему управления утилизацией бытовых отходов. Данная система может состоять из нескольких камер, в которых биологические отходы будут проходить несколько этапов очистки. Количество камер может варьироваться в зависимости от химического состава и степени опасности очищаемых веществ. В любом случае в первой камере происходит первичный сбор веществ, предназначенных для обработки, а также осуществляются процессы разделения твердой и жидкой фаз. В последующих камерах отходы будут подвергаться последовательной очистке с помощью специальных бактерий.

Несмотря на свою мобильность, подобные установки для очистки обеспечивают высокий уровень разделения веществ и очистки воды. Очищенную воду можно использовать для технических целей, что позволяет экономить ресурсы. В условиях недостаточности водных ресурсов на эвакопункте возможность повторного их использования будет чрезвычайно актуальной. Как мы уже отмечали выше, данная система может быть полностью или частично автоматизирована. В процессе работы необходимо осуществлять постоянный контроль состояния процесса, а также хранение и своевременную подачу биологических реагентов. Автоматизация процесса утилизации обеспечивает безопасность обслуживающего персонала.

Таким образом, автономная автоматическая система управления процессом утилизации бытовых отходов может осуществлять безаварийную бесперебойную работу с возможностью контроля всех параметров технологического процесса на базе простых и надежных средств автоматизации [6].

Литература

1. Александрова Л.А. Личностный потенциал и психологическая безопасность в условиях повышенного риска природных катастроф // Вестник КРАУНЦ. Сер.: Гуманитарные науки. 2006. №. 2. С. 12–26.

2. Кузьмин А.А., Кубиков Н.Н., Петешев И.В. Возможный подход к порядку проведения эвакуационных мероприятий в Российской Федерации // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2016. № 1 (28). С. 19–23.

3. Автоматизация технологических процессов при переработке сырья растительного происхождения / Ю.А. Максименко [и др.] // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2014. № 3. С. 21–28.

4. Кожевников В.П., Токач Ю.Е., Огнев М.Н. Современные решения по переработке твердых бытовых отходов в БГТУ им. В.Г. Шухова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 172–174.

5. Элдесбаев Э.Н., Петрова И.В., Котельникова Е.А. Анализ современных направлений обращения с биологическими отходами в системе экономики природопользования [Электронный ресурс] // Управление экономическими системами. 2015. № 3 (75). URL: http://uecs.ru/ekonomika-prirodopolzovaniyz (дата обращения: 04.02.2020).

6. Автоматизация технологических процессов и производств: учебник / А.Г. Схиртладзе [и др.]. Пенза: ПензГТУ, 2015. 442 с.

УДК 628.32

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКИ МИКРОФИЛЬТРАЦИИ

Гиниятова Р.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
1996ramilya@mail.ru
Науч. рук. Гильфанов К.Х.

Предложена модернизация системы управления установки микрофильтрации, которая представляет собой установку, состоящую из модулей, внутри которых находятся полупроницаемые мембраны, способные удержать бактерии, коллоиды и взвеси размером крупнее 0,1 мкм и получить осветленную воду высокого качества.

Ключевые слова: модернизация, система управления, установка, микрофильтрация, мембрана.

На сегодняшний день проблема очистки воды является очень актуальной практически во всех сферах жизнедеятельности человека. Для получения качественной чистой воды применяют мембранные технологии. Одной из видов этой технологии является микрофильтрация.

Микрофильтрация – мембранная технология очистки воды, позволяющая удерживать бактерии, тонкодисперсные и коллоидные примеси размером крупнее 0,1 мкм [1, 2].

Основные области применения микрофильтрации: промышленная очистка питьевой воды, медицина, пищевая, химическая и нефтехимическая промышленность.

Установка микрофильтрации представляет собой установку, состоящую из модулей, в которой находятся мембранные элементы [1, 3]. Основной фильтрующий элемент микрофильтрационной установки – полупроницаемая мембрана. Она является главным элементом системы. Результат очищения, осветления и умягчения воды зависит от её качества и типа. Мембраны представляют собой диски различного диаметра.

На мембрану под действием давления поступает загрязнённая вода, содержащая в себе разные взвешенные вещества (рис. 1). Мембраны могут быть изготовлены из различных материалов: органических (полимеры) или неорганических (керамика, металлы, стекла) [2]. Долговечность мембран зависят от химической стойкости материала. Под воздействием давления загрязнённая вода проходит через полупроницаемую мембрану и делится на два потока: фильтрат, который подается потребителю и концентрат (раствор примесей), которые отправляются в дренаж.

Рис. 1. Принцип работы мембраны

Во время очистки воды необходимо контролировать такие параметры как давление, температура, уровень и расход (рис. 2). Давление не должно превышать 0,2 МПа во избежание деформации мембран. Температура воды находится в пределах 20–30 °С. Контуром регулирования является регулирование уровня в блоке дозирования коагулянта. Также важен контроль расхода воды, поступающей в установку, и реагентов, участвующих в процессе очистки.

Для повышения эффективности очистки воды перед блоком микрофильтрации необходимо дозировать раствор коагулянта – оксихлорида алюминия, позволяющий получить высокое качество очистки от загрязнений. Применение оксихлорида алюминия повышает скорость

коагуляции коллоидных частиц органических и неорганических загрязнений, не подщелачивая воду и обеспечивает более высокое качество очистки воды без каких-либо отложений и с минимальным содержанием остаточного алюминия в воде [4].

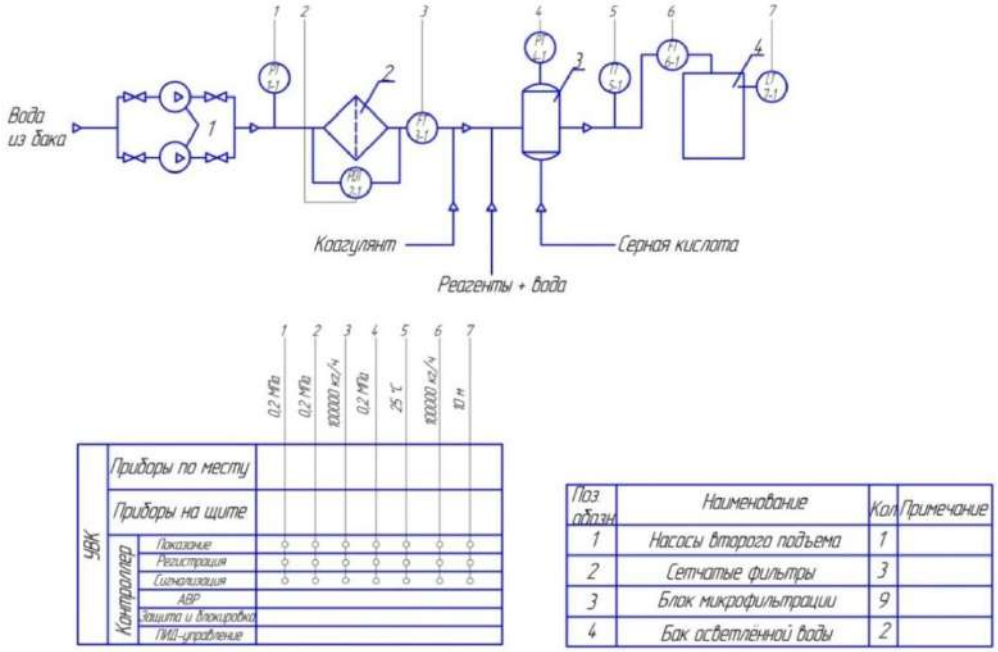


Рис. 2. Функциональная схема автоматизации установки микрофильтрации

Но для обеспечения наиболее стабильной и надежной работы оборудования можно сделать следующим образом: дозировать оксихлорид алюминия перед сетчатыми фильтрами, т. е. перед предварительной очисткой, что позволит снизить влияние качества исходной воды на производительность установок микрофильтрации и увеличить срок эксплуатации микрофильтрационных элементов.

Модернизация системы управления установки микрофильтрации предназначена не только для эффективного управления оборудованием, обеспечения надежности его работы, а также для непрерывного контроля параметров процесса и диагностики возникающих нештатных ситуаций.

Контроль, регулирование и дистанционное управление осуществляется на базе микропроцессорной техники – контроллер компании Siemens Simatic S7-300, центральной частью которой является программно-технический комплекс, включающий в себя программируемые средства автоматизации и другие средства вычислительной техники.

В результате применения установки микрофильтрации во много раз снижается содержание железа, взвешенных веществ, сокращается расход реагентов, тем самым повышается качество исходной воды.

Литература

1. Десятов А.В., Кручинина Н.Е. Мембранные методы очистки природных и сточных вод: метод. матер. для курсовых и дипломных проектов. Рос. хим.-технол. ун-т им. Д.И. Менделеева. М.: Инженер, 2012. 159 с.
2. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: Химия, 1978. 352 с.
3. Свитцов А.А. Мембранные технологии в России // The Chemical Journal. 2010. № 10. С. 22–24.
4. Полиоксихлорид алюминия [Электронный ресурс]. URL: http:// alphachem.ru/aluminum-polyoxychloride (дата обращения: 01.03.2020).

УДК 628.16:681.5

АВТОНОМНАЯ БЛОЧНО-МОДУЛЬНАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ВОДООЧИСТКИ

Закиров Д.Т.[1], Богданова Н.В.[2]

[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]Damir-98.ru@mail.ru, [2]nv_voronina@mail.ru

Рассматривается мобильная блочно-модульная система водоочистки, позволяющая в любой, даже чрезвычайной ситуации, оперативно обеспечивать промышленные предприятия, социально-значимые объекты и население качественной водой.

Ключевые слова: мобильная блочно-модульная установка, мобильная система, автоматическая очистка воды.

В настоящее время на территории городов проживает более 70 % всего населения земного шара. Жизнь в городах и особенно крупных мегаполисах кажется стабильной, устоявшейся, хотя при этом очень быстрой и динамичной. Мы привыкли к удобствам современного города: наличию коммунальных сетей, транспортному обеспечению, высотным домам. У каждого жителя в шаговой доступности супермаркеты как источники воды и пищи. Этот мир представляется нам незыблемым, надежным. В действительности и сами мегаполисы и их жители могут стать очень уязвимыми в случае возникновения катастроф и чрезвычайных ситуаций. Привычные всем системы жизнеобеспечения могут исчезнуть

практически в один момент. За историю своего существования человечество неоднократно сталкивалось с разрушительными землетрясениями, наводнениями, пожарами, а также техногенными катастрофами. Не застраховано население мегаполисов от воздействия подобных факторов и сейчас.

Рассмотрим проблему обеспечения населения мегаполиса водой, пригодной для питья и других нужд, в условиях произошедшей катастрофы, вызвавшей разрушение системы канализации, водоснабжения и других систем жизнеобеспечения, а также приведшей к необходимости эвакуации населения из разрушенного города на эвакуационный пункт. Существование большого количества людей на ограниченной территории неизбежно связано с загрязнением этой территории отходами различного характера и степени опасности.

Естественные водоемы, которые становятся в это время стратегически и жизненно важными источниками воды, также могут быть загрязнены как по причине произошедшей катастрофы, так и продуктами жизнедеятельности эвакуированных из опасной зоны людей.

Таким образом, имеющаяся в распоряжении вода будет содержать огромное количество примесей, опасных бактерий и вредных веществ. Употребление воды такого качества опасно для человека, может привести к заражению и вызвать заболевания различной степени тяжести, что усугубит ситуацию, сложившуюся после катастрофы.

Очистка воды привычными способами в экстремальных ситуациях не может быть осуществлена. И эта проблема будет требовать решения в кратчайшие сроки для того, чтобы обеспечить население пригодной для питья водой, которая удовлетворяет всем санитарным нормам и требованиям.

Именно для применения в таких условиях и были созданы автономные блочно-модульные автоматические установки водоочистки. В зависимости от комплектации и производительности они могут быть использованы как на эвакопунктах, так и, например, в мобильных госпиталях.

Автономная блочно-модульная автоматическая установка водоочистки представляет собой передвижной комплекс. Функциональное наполнение такого комплекса может варьироваться в зависимости от его непосредственного назначения. Подобный комплекс обязательно включает автоматические системы для очистки воды от различных примесей и загрязняющих ее вредных веществ и микроорганизмов [1]. Может использоваться для очистки воды из различных источников, таких как колодцы, моря, реки, сточные и поверхностные воды. То есть изначальный состав воды и степень ее загрязнения не играют существенной роли.

Эти установки также возможно применять в случае необходимости снабжения и обеспечения качественной питьевой или технической водой небольших населенных пунктов и промышленных объектов, расположенных в труднодоступных регионах, во всех случаях, когда проектирование и возведение капитальных очистных сооружений невозможно или нецелесообразно.

Установка оборудована единым шкафом управления, с которого осуществляется автоматическое управление множеством параметров работы системы [2]. Кроме параметров самой воды, такая установка должна осуществлять контроль состояния систем водоочистки, например, фильтров, осуществлять хранение и своевременное точное дозирование необходимых реагентов [3]. Состав оборудования автономной блочно-модульной автоматической установки водоочистки может варьироваться при необходимости, включать несколько узлов, которые в свою очередь могут размещаться в одном или нескольких соединенных трубопроводами корпусах. Таким образом, автономность данной установки не оказывает отрицательного влияния на производительность системы водоподготовки и не ухудшает качество полученной воды.

В условиях необходимости размещения населения в эвакопунктах автономные установки автоматической водоочистки обладают рядом неоспоримых преимуществ:

– подобный комплекс может быть доставлен и введен в эксплуатацию в очень короткие сроки;

– для перемещения установки может быть использован практически любой вид наземного, воздушного или водного транспорта;

– показатели качества очищенной воды соответствуют всем санитарным нормам [4];

– установка способна осуществлять очистку воды, имеющей очень высокую степень загрязнения, например, сточной воды.

Таким образом, автономная блочно-модульная автоматическая установка для очистки воды может применяться как в чрезвычайных ситуациях, так и вне их при отсутствии необходимых коммуникаций.

Литература

1. Очистка сточных вод нефтепромыслов с применением высокопроизводительных блочно-модульных установок: монография / А.А. Адельшин [и др.]. Пенза: ПГУАС, 2015. 136 с.

2. Мобильная установка очистки воды при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций / Р.А. Александров [и др.] // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23, № 1. С. 4–10.

3. Пашинин В.А., Коваленко М.А. Блочно-модульная установка для очистки сточных вод // Мир транспорта. 2015. № 2. С. 168–179.

4. Рачков М.Ю. Технические измерения и приборы: учебник и практикум для сред. проф. обр. 3-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во Юрайт, 2019. 151 с.

УДК 621.373.826

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПЕЧАТАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА БРАЙЛЯ НА ОСНОВЕ ЛАЗЕРНОГО ВЫЖИГАНИЯ

Каюмов А.А.[1], Васина А.Ю.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]almirkau@yandex.ru, [2]Vasinaanzhelinansk@gmail.ru
Науч. рук. Богданов А.Н.

Рассмотрена разработка версии принтера Брайля, в основе которого – создание отверстий лазером. Рабочий прототип представлялся на различных мероприятиях. Полученные образцы печати были протестированы группой детей.

Ключевые слова: шрифт Брайля, принтеры Брайля, лазер.

В России, по оценке МНИИ глазных болезней им. Гельмгольца, количество незрячих составляет порядка 100 тысяч человек. Каждый год около 45 тыс. человек по всей стране из-за нарушений зрения становятся инвалидами. Примерно 20 % инвалидов по зрению – молодежь.

Прогнозы медиков неутешительны – количество людей, испытывающих проблемы со зрением, будет расти. Так, эксперты ВОЗ уверены, что в ближайшие годы число незрячих увеличится до 38,5 млн человек, а ещё через 30 лет оно превысит отметку уже в 100–110 млн Россия, по мнению специалистов, входит в число неблагополучных в этом вопросе стран.

Для работы со слепыми в 1824 г. сыном французского сапожника Луи Брайлем был разработан специальный шрифт. Луи в возрасте трёх лет поранился в мастерской отца шорным ножом, из-за начавшегося воспаления глаза мальчик потерял зрение. В возрасте 15 лет Луи создал свой рельефно-точечный шрифт как альтернативу рельефно-линейному шрифту Валентина Гаюи, вдохновившись простотой «ночного шрифта» капитана артиллерии Шарля Барбье.

Для изображения букв в шрифте Брайля используются 6 точек, расположенных в два столбца, по 3 в каждом. Одной из особенностей шрифта Брайля является то, что пишется текст справа налево, затем страница переворачивается, и текст читается слева направо. Нумерация точек идёт сверху вниз по столбцам. Нумерация точек при записи идёт в обратном порядке сначала по правому столбцу, затем по левому: 1-я точка находится в верхнем правом углу, 2-я точка – под 1-й, 3-я точка – в нижнем правом углу, 4-я точка – в левом верхнем углу, 5-я точка – под 4-й, 6-я точка – в левом нижнем углу.

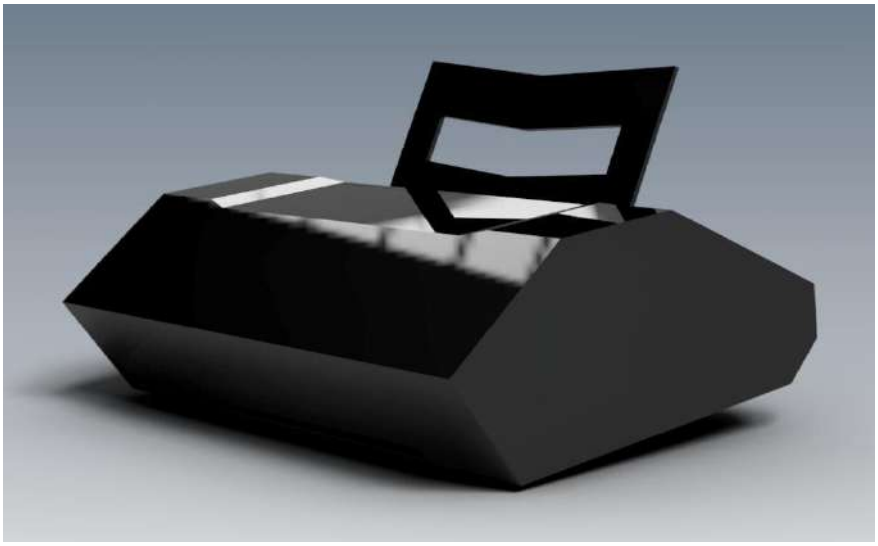
Однако некоторыми советскими тифлопедагогами продвигалась другая система нумерации, где 1-я и 3-я точки переставлены местами, но она противоречит международным традициям.

Позже появилась расширенная система Брайля, где добавлено ещё две точки: 7-я под 3-й точкой и 8-я под 6-й точкой 6.

Наличие или отсутствие точек (проколов) в ячейке дает определенный символ. Высоты точки в 0,5 мм достаточно для её распознавания на ощупь. Расстояние между точками занимает около 2,5 мм, расстояние между ячейками – 3,75 мм по горизонтали и 5 мм по вертикали.

Для создания бумажных носителей с текстом по шрифту Брайля используются специальные принтеры. Они представляют собой устройства вывода текстовой и графической информации на плотную бумагу в виде рельефно-точечных символов системы Брайля. Такие принтеры позволяют выводить на печать тексты, выполненные в любом текстовом редакторе и создавать брайлевские документы.

Нами разрабатывается принтер Брайля «MARK», в котором вместо механического «шила» используется лазер (см. рисунок). В результате вместо выпуклостей наш принтер создает отверстия.



Лазерный принтер Брайля «MARK»

На данном этапе разработан прототип принтера. Сначала в принтер загружается бумага, затем шаговый двигатель, отвечающий за подачу бумаги, затягивает ее до каретки с лазером. Второй шаговый двигатель, отвечающий за передвижение этой каретки, начинает работу. Лазер включается и достигает фоторезистора, тем самым датчик подает сигнал, что можно начинать выжигание. Достигнув второго фоторезистора на конце строки, лазер выключается и перемещается обратно на начальную позицию. После, отвечающий за подачу бумаги, шаговый двигатель толкает бумагу на определенное расстояние. Цикл повторяется до тех пор, пока печать не будет завершена.

Управляет работой прототипа микроконтроллер Arduino. Выбор пал на этот микроконтроллер из-за его гибкости и быстрой калибровке кода. Расширяют его возможности различные шилды. Микроконтроллеры для Arduino отличаются наличием предварительно прошитого в них загрузчика. С помощью этого загрузчика пользователь загружает свою программу в микроконтроллер без использования традиционных отдельных аппаратных программаторов, что делает загрузку кода очень быстрой. Загрузчик соединяется с компьютером через интерфейс USB (если он есть на плате) или с помощью отдельного переходника UART-USB. После того как будет разработан окончательный программный код для принтера осуществиться переход на более сложные микроконтроллеры.

Для обнаружения начала и конца строки фоторезистор. Его преимущества – это компактность. Из недостатков является маленькая точность, но света от лазера достаточно для обнаружения.

Литература

1. Менушенков А.П., Неволин В.Н., Петровский В.Н. Физические основы лазерной технологии: учеб. пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. 212 с.

2. Делоне Н.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Курс лекций: учеб. руководство. М.: Наука, 1989. 280 с.

3. Каюмов А.А., Мингазов Р.Р. Разработка системы управления лазером для устройств печати // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: тез. докл. 24-й Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Москва, 2018. С. 134.

УДК 621.311.243:697.34

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАКУУМНОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЯ

Малянов А.С.[1], Павлыгина В.А.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]sashamaljanov@mail.ru, [2]pavlygina.valentina@mail.ru
Науч. рук. Данилов В.А.

В настоящий момент времени лидирующее место в мировой энергетике занимает ископаемое топливо, однако его использование оказывает сильные негативные последствия как на экономику, так и на экологию в целом. Дабы предотвратить плачевные последствия инженеры стремятся сократить расход топлива, переведя мир на возобновляемые источники энергии. Самым распространенным таким источником является Солнце, которое идеально подходит для нагревания веществ. В статье рассмотрена возможность гелиосистемы для отопления жилых помещений на принципе поглощения тепла абсорбером (темная поверхность) и передачи ее теплоносителю.

Ключевые слова: солнечный коллектор, гелиосистема, возобновляемые источники энергии, теплоноситель, излучение, энергосбережение, экономика, экология.

Все уголки Земли получают солнечную энергию. Количество этой энергии, получаемой ежедневно, зависит от географического положения и климатических условий, но ее практическое использование возможно повсюду. Естественно, на Красном море, где число солнечных часов в год доходит до 4000, легче и дешевле извлечь из солнца пользу, чем, скажем, в Скандинавии, где солнце светит только 1200 часов в год при довольно низкой интенсивности. Среди видов использования солнечной энергии для бытовых целей наиболее важны следующие: горячее водоснабжение, отопление помещений и воздушное кондиционирование, подогрев плавательных бассейнов.

Когда солнечные лучи падают на какую-либо поверхность, ее температура повышается по сравнению с окружающим воздухом. Это повышение температуры есть результат накопления тепла на этой поверхности благодаря поглощению энергии солнечной радиации. Время повышения температуры до нужного уровня зависит от того количества калорий, которое вода получит от солнца, а также от устройства поглощающих элементов и аккумуляторов.

Коммерчески выгодные установки сегодня не так просты, но все работают по одному и тому же принципу. Современный солнечный генератор теплой воды состоит из двух частей: солнечного коллектора и резервуара с водой (для горячего водоснабжения). Поверхность коллектора может нагреть воду до 80 °С. В вакуумных коллекторах с идеальными поверхностями температура достигает 350 °С. Коллектора могут быть объединены в серии, и дневная норма нагретой солнцем воды, таким образом, будет увеличена. В Северной Африке и на Среднем Востоке существуют установки, которые дают в день 50–100 тыс. л горячей воды [1].

Использование альтернативного источника энергии для экономии электроэнергии характеризуют следующие цифры: среднее значение суммарной солнечной радиации, поступающей в сутки на 20 кв. м составляет примерно 50–60 кВт, это соответствует затратам энергии на отопление дома площадью 60 кв. м.

Солнечный коллектор – комплекс вакуумных трубок для сбора тепловой энергии, переносимого в видимом свете и инфракрасном излучении, которая передается теплоносителю, циркулирующему в системе.

За счет вакуумного пространства между стеклянным покрытием и поглотителем происходит минимизация тепловых потерь в системе, поэтому использование селективного покрытия (абсорбер) снижает коэффициент тепловых потерь до 1,5 Вт/(м^2·К).

Самым распространенным типом Солнечного коллектора, является модель, в которой используются коаксиальные трубки.

Благодаря трубчатому строению улавливается наиболее ценное излучение, которое преобразуется в тепловую энергию, непосредственно передаваемую теплоносителю. Передача продолжается, пока энергия Солнца попадает с поглотителя в тепловые трубки.

Обогрев дома ночью и в пасмурные дни говорит о необходимости теплового аккумулятора, днем он накапливает лишнюю тепловую энергию, а ночью использует ее. Также необходимость возникает из-за неравномерности потока Солнечной радиации в течение всего дня.

Солнечные коллекторы применяются в основном для отопления жилого помещения и для снабжения его горячей водой. Так как работоспособность данной системы напрямую зависит от Солнца, то можно с уверенностью сказать, что идеально она будет проявлять себя именно летом, для получения 100% горячей воды. В весенне-осенние периоды, когда требуется отопление жилого помещения, можно получить до 60 % горячей воды, так как в данные периоды и Солнца меньше, и энергия

тратится на обогрев помещения. В зимнее же время можно рассчитывать только на небольшое количество тепловой энергии, ее можно использовать лишь как помощник для основной системы теплового насоса, однако экономия топлива за сезон может достигать 50 % [2].

Предпочтения в части расположения Солнечного коллектора на доме отдается вертикальному варианту. Он намного проще в монтаже и дальнейшем обслуживании. В сравнении с наклонным коллектором не требуется уплотнения от воды, отпадает проблема снеговой нагрузки, а также с вертикальных стен проще смыть пыль.

Зимой же нет особой разницы, где расположен коллектор, так как продолжительность дня невелика (6–8 ч), да и погода по большей части пасмурная.

А вот в период, когда солнце светит, вертикальный коллектор откровенно проигрывает наклонному коллектору. Так как Солнце быстро увеличивает угол наклона, и вертикальный коллектор быстро теряет свою эффективность. Солнечный коллектор должен находиться в плоскости максимально перпендикулярной плоскости движения Солнца максимально большее время.

Однако помимо плюсов у данной системы есть и свои недостатки: в нашей стране климатические условия довольно суровые и могут помешать Солнечному коллектору раскрыть весь свой потенциал. Это относится к негативному влиянию инея и снега, потому что они очень долго могут находиться на трубках коллектора из-за теплоизоляционных свойств вакуума.

Выводы:

1. Солнечные коллекторы с вакуумными трубками обеспечивают низкие тепловые потери, даже в суровом климате России.

2. Срок службы коллектора составляет 20–25 лет. В течение солнечного дня в среднем по году вакуумный коллектор ES 58/1800-30 R1 генерирует до 10 кВт·ч теплоты. В среднем один солнечный вакуумный коллектор производит около 3 500 кВт·ч тепловой энергии в год.

3. Для того чтобы увеличить эффективность Солнечного коллектора, он должен находиться в плоскости максимально перпендикулярной плоскости движения Солнца максимально долго.

Литература

1. Сабади П.Р. Солнечный дом / пер. с англ. Н.Б. Гладковой. М.: Стройиздат, 1981. 113 с.

2. Шульга К.С., Астапова Ю.О., Астапов А.Е. Гибридные солнечные коллекторы // Молодой ученый. 2016. № 17. С. 101–105.

УДК 681.5:338.45

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВО

Минаева А.В.[1], Сафин М.А.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]alin.minaeva2000@gmail.com, [2]cmvorkut@mail.ru

Представлена актуальность промышленной автоматизации в России, выделен ряд проблем, с которыми столкнулась сегодня российская промышленность, а также возможность повышения конкурентоспособности предприятий за счет внедрения систем автоматизации.

Ключевые слова: автоматизация, оптимизация, внедрение, микроэлектроника, ресурсоемкость, модернизация, проблемы.

За последние 20 лет XXI века многие аспекты жизни и деятельности людей изменила цифровая и технологическая революция. На многие предприятия оказали существенное влияние стремительно происходящие изменения, связанные с комплексной автоматизацией и оптимизацией технологического процесса.

Но несмотря на глобальную автоматизацию, в России люди продолжают выполнять основную работу, в то время, когда роботы уже выполняют ее в других странах. В области промышленной автоматизации выделяют три лидирующих страны. Это Корея, где на 10000 рабочих приходится 631 роботов, Сингапур – 488 роботов и Германия – 309 роботов.

Внедрение и реализация проекта должны соотноситься с графиком строительства и плановых остановов технологических установок. При выборе оборудования и программных решений критически важно учитывать затраты всего жизненного цикла, поскольку срок выполнения проекта обычно составляет от 2 до 5 лет, а срок эксплуатации – 20…40 лет. Стоимость владения снижается в разы для систем автоматизации с функциями самодиагностики, позволяющими эффективно спланировать сервисное обслуживание и повысить надежность.

Но с необходимостью автоматизировать основные технологические и вспомогательные процессы появились проблемы, требующие осмысления и разработки новых технических решений.

Вначале следует выделить проблему организации элементной базы с производством в нужном количестве и номенклатуре качественных и дешевых исполнительных элементов.

Другой важной проблемой является создание типовых автоматизирующих устройств – транспортных, подающих, ориентирующих, контрольных, складирующих и др. путем их централизованного производства. Такие устройства могут встраиваться в различные автоматические комплексы независимо от вида изготовляемых изделий, а также вида производства и отрасли, в которой эксплуатируются автоматические комплексы.

Третья существенная проблема – это разработка удовлетворяющих требованиям высокопроизводительности и надежности автоматических устройств и машин с новейшими конструкциями, которые встраиваются непосредственно в автоматические комплексы, а также с использованием современных достижений микроэлектроники.

Четвертой проблемой является обеспечение отдельных автоматов и устройств надежными системами управления автоматических комплексов и использованием современных достижений микроэлектроники, отвечающим самым высокими требованиями надежности, компактности, стоимости [1].

А для уменьшения ресурсоемкости на производстве следует максимально использовать вычислительную технику и электронику. Это приведет к минимальному участию человека в производственных процессах, что и требует эффективная модернизация предприятия [2]. Поэтому необходимо уделять особое внимание гибкой перенастройки оборудования и программного обеспечения, а также снижению сервисных и эксплуатационных затрат.

По данным консалтинговой компании Solomon Associate, занимающейся конкурентным анализом эффективности предприятий по всему миру, 25 % лучших предприятий тратят в 2÷4 раза меньше средств на техническое обслуживание и ремонт при эксплуатационной готовности 90÷95 % вместо 80÷85 % у худших предприятий [3].

Периодическим осмотром можно своевременно предотвратить только 11 % отказов оборудования, остальные 89 % отказов – невозможно. Поэтому ключевым решением является установка контрольно-измерительных приборов для мониторинга состояния оборудования и отклонений ТП, а также специализированного ПО, способного непрерывно диагностировать состояние конкретного агрегата и прогнозировать отказы заранее, чтобы приобрести запасные части и спланировать визиты специалистов в наиболее удобное для производственного процесса время.

Вследствие этого нужно выполнить оценку критичности всевозможных единиц оборудования технологического процесса и усовершенствовать как отдельные устройства, так и систему управления надежностью всего оборудования предприятия. Например, с помощью внедрения технологий диагностики, в том числе трубопроводов, печей и теплообменников, турбин, резервуаров, насосов, компрессоров и другого оборудования, контрольно-измерительных приборов и клапанов, можно избежать 3,5 % времени простоя всего предприятия и сократить сервисные затраты на 25 %.

В данной работе был рассмотрен ряд проблем, вызванных внедрением автоматизации на производства, определена эффективность внедрения автоматизации на предприятии и проанализированы расходы предприятий с автоматизацией технологических процессов.

Литература

1. Шестаков Н.В., Мишин С.П. Повышение эффективности промышленных предприятий России за счёт передовых решений в автоматизации // Автоматизация в промышленности. 2016. № 3. С. 3–5.

2. Картамышева Е.С., Иванченко Д.С. Промышленная автоматизация в России: проблемы и их решения // Молодой ученый. 2016. № 28. С. 93–95.

3. Марченко Э.В., Авакьянц А.В., Сарабашев А.А. Автоматизация посредством роботизации производства // Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. Кемерова, 2016. С. 299–302.

УДК 368: [343.535+004.8]

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА РИСКА БАНКРОТСТВА СТРАХОВЫХ КОМПАНИЙ

Мингазова А.Ш.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
mingazova.adilya@mail.ru
Науч. рук. Гильфанов К.Х.

Рассмотрены практические аспекты применения нейронных сетей для оценки риска банкротства страховых компаний. Представлены результаты обучения нейронных сетей на основе персептрона в пакете MatLab.

Ключевые слова: нейронная сеть, банкротство, страховая компания, входные данные, обучения, коэффициент.

В современном мире, где все динамично меняется, важно успевать за технологическим прогрессом. Ведь в наши дни нейросетевые технологии являются одними из наиболее активно развивающихся сфер искусственного интеллекта. Они благополучно применяются в различных областях науки и техники. Нейронные сети успешно помогают решать задачи управления, прогнозирования и анализа.

Банкротство является неотъемлемой частью конкурентных рыночных отношений. И, наверно, именно поэтому возможность банкротства служит значительным стимулом для постоянной работы компании по обеспечению финансовой стабильности [1].

Основными моментами при выборе использования именно нейронных сетей, а не известных статистических моделей, приведены ниже.

Традиционные методы оценки риска банкротства имеют существенный недостаток, заключающийся в их линейности. Это свойство огрубляет модель и делает ее недостаточно корректной. А преимущество искусственных нейронных сетей заключается в том, что они позволяют эффективно строить нелинейные зависимости, которые точнее описывают исходные наборы данных [2].

Для определения вероятности банкротства страховых компаний, воспользуемся видом нейронной сети – многослойным персептроном.

Для формирования искусственной нейронной сети был использован программный код в среде MatLab. В качестве данных были выбраны коэффициенты, присутствующие в пятифакторной модели Альтмана, которые будут подаваться на входной слой нейронов, а также коэффициенты текущей ликвидности, оборачиваемости оборотных средств и обеспеченности собственными средствами [3].

В ходе исследования были собраны показатели деятельности 30 страховых компаний, часть из которых являются действующими, а другая – банкротами. Необходимые данные были взяты из «Бухгалтерского баланса» организаций (Форма 1) и из «Отчёта о прибылях и убытках» (Форма 2). Значимым условием для успешного обучения нейронной сети является наличие в исходном наборе данных как положительных, так и отрицательных примеров [4].

Для обучения нейронной сети взяты показатели для 20 компаний (10 обанкротившихся компаний и 10 действующих). Для выходных значений был задан диапазон от 0,1 до 0,9.

На основании числового значения, полученного на выходном слое нейронной сети, можно сделать вывод о том, к какой категории сеть отнесла компанию: если значение приближается к 0,9, то компания признаётся банкротом; если значение приближается к 0,1, то положение компании оценивается как стабильное.

Необходимо учитывать, что на скорость и адекватность обучения сети влияет не только состав входных данных, но и порядок в котором они подаются на входной слой. Другими словами, в процессе обучения нейронной сети следует периодически изменять порядок подачи входных данных и выбрать тот вариант, который обеспечивает наилучший конечный результат. Это значит, что результаты, полученные после обучения нейронной сети, соответствуют эталонным значениям. Такое совпадение было достигнуто при подаче входных данных в следующем порядке: 5 банкротов, 5 не банкротов, 5 банкротов, 5 не банкротов. Результаты представлены в таблице.

Интерпретация результатов нейронной сети

Номер примера	Результат нейронной сети	Состояние компании в действительности
1	0,7800	Банкрот
2	0,1010	Не банкрот
3	0,8983	Банкрот
4	0,1050	Не банкрот
5	0,1007	Не банкрот

Последний шаг – проверка корректности работы нейронной сети. Для этого подаём на входной слой всю выборку по 30 страховым компаниям и сравниваем результат на выходном слое нейронной сети с фактическим положением организации. Во всех случаях нейронная сеть выдала верный результат, а значит, успешно прошла проверку.

Таким образом, данное исследование показывает, что благодаря таким свойствам нейронной сети, как нелинейность и хорошая способность к обобщению, она способна успешно обучаться сложным задачам и давать правильный результат для новых исходных данных.

Можно сделать вывод, что данное исследование также может быть полезно для клиентов страховых компаний, которые хотят инвестировать свои вложения для сотрудничества. Чтобы быть конкурентоспособным на рынке, страховые компании должны поддерживать свою финансовую обеспеченность, и только в этом случае они смогут успешно продолжить свою работу.

Литература

1. Журов В.А. Процесс разработки моделей для прогнозирования банкротства предприятий // Финансовый менеджмент. 2017. №1. С. 53–66.

2. Кузнецов Ю.А., Перова В.И. Использование нейросетевого моделирования в анализе деятельности крупнейших компаний Российской Федерации // Экономический анализ: теория и практика. 2016. № 31. С. 32–42.

3. Гелиг А.Х., Матвеев А.С. Введение в математическую теорию обучаемых распознающих систем и нейронных сетей: учеб. пособие. М.: Изд-во СПбГУ, 2017. 224 с.

4. Сазыкина О.В., Кудряков А.Г., Сазыкин В.Г. Использование нейронной сети в управлении производственными активами предприятия. Обучение методом обратного распространения ошибки // Путь науки. 2016. № 1 С. 18–22.

УДК 621.314

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА ПОТЕРЬ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПОДСТАНЦИЙ

Нгуен Тиен
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nguyentien.tuson@gmail.com
Науч. рук. Гильфанов К.Х.

Представлены результаты оценки технико-экономических показателей систем теплоснабжения на основе рекуперации тепла потерь трансформаторов подстанций. Расчеты выполнены для четырех сценариев возврата тепла потерь. Получено снижение срока окупаемости рекуперационного отопления менее двух лет при благоприятных экономических факторах – снижении цены на электроэнергию.

Ключевые слова: потери энергии трансформаторов, подстанции, сценарии рекуперации тепла, технико-экономические показатели.

Отбор и утилизация тепла трансформатора, в том числе для обогрева общеподстанционных пунктов управления является одним из путей энергосбережения. Вместе с тем имеется противоречивый компромисс между инвестиционными и эксплуатационными затратами, представленный на рис. 1, который показывает, как каждый из двух компонентов затрат зависит от максимальной возможности рекуперации (возврата) тепла, которая, хотя и экономит энергию, требует большего количества оборудования, т. е. более высоких инвестиционных затрат.

Инвестиции включают стоимость оборудования, монтажа, электроэнергии и обслуживания. Выгода в утилизации тепла заключаются в снижении затрат на внутренние нужды предприятия (на отопление помещений) и повышении ресурса трансформаторной подстанции за счет снижения температуры масла.

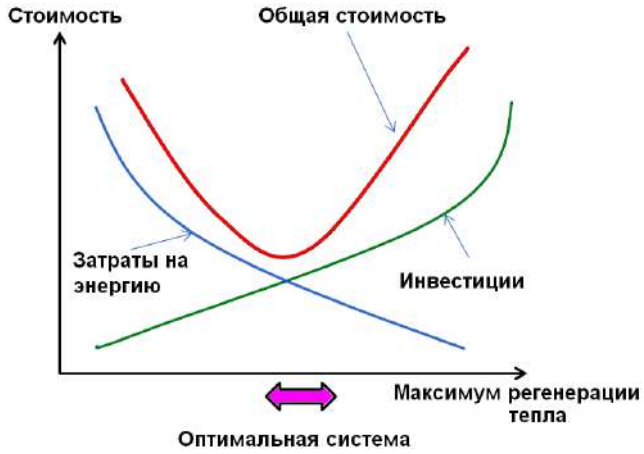


Рис. 1. Затраты и выгоды систем рекуперации тепла

Стоимость электроэнергии. Существует очевидное прямое влияние цены на электроэнергию на эксплуатационные расходы и, следовательно, на эффективность системы утилизации тепла. Поэтому колебания цен на энергоносители могут либо увеличивать или уменьшать время окупаемости инвестиций. Цены на электроэнергию определяют эксплуатационные расходы на электронагревателей и тепловых насосов. Исходные цены на электричество 3,78 руб./кВт·ч.

Стоимость оборудования. Тепловые насосы значительно дороже, чем бойлеры и электрические подогреватели, соответственно несут основное бремя затрат в привлекательности инвестиций в системы рекуперации тепла.

Монтаж. Установка тепловых насосов может быть значительно дороже, чем традиционного отопительного оборудования.

Обслуживание. Обычно затраты на техническое обслуживание пропорциональны инвестициям и влияют непосредственно на получаемые выгоды. Затраты на техническое обслуживание системы утилизационного отопления значительно могут снизить экономические показатели.

Процент нагрузки трансформатора мощностью 15 MVA принят равным 70 %. Естественно, и другие характеристики трансформатора и объекта отопления будут влиять на уровни возврата тепла. Это важно для калибровки и проектирования адекватных систем рекуперации тепла, а также для экономических показателей.

Время работы системы отопления. Чем продолжительнее время работы системы утилизационного отопления в течение года, тем будет больше возможностей для экономии эксплуатационных расходов и соответственно меньше времени на возврат инвестиций. Тепловая нагрузка на отопление помещений значительно варьируется в течение года, и возможны излишки восстановленного тепла. Поэтому в эти периоды необходимо использовать воздушные системы охлаждения трансформатора. Следует иметь в виду, что появились возможности использования систем рекуперации тепла для горячего водоснабжения в летнее время и аккумулирование тепла на ограниченное время [1].

Оценка экономических показателей рекуперации тепла проводится путем сравнения альтернативных схем отопления помещений при различных сценариях с использованием электроподогревателя или теплового насоса с/без утилизации тепла. Номинальная мощность трансформатора 15 MVA, процент загрузки 70 %, температура воды на входе промежуточного теплообменника 7,7 °C, коэффициент эффективности цикла теплового насоса – 60 %, процент рекуперации тепла – 80 %. Температура воды на входе стандартных радиаторов равна 45 °C. Выполнены четыре варианта расчета с учетом времени, в течение которого система отопления используется в течение года. Сценарии (см. таблицу) предполагают отопление помещения электрокотлом (*A*) или тепловым насосом (*B, C, D*), с рекуперацией тепла потерь при постоянном (*C*) и уменьшенном на 20 % расходе (*D*).

Сценарии обогрева помещений

Сценарий	Альтернативная система	Без рекуперации тепла	Рекуперация тепла	Переменный поток 80 %
A	Электрокотел	+		
B	Тепловой насос	+		
C	Тепловой насос		+	
D	Тепловой насос		+	+

Расчетные сроки окупаемости инвестиций, полученные для различных сценариев рекуперации тепла, представлены на рис. 2.

Сроки окупаемости в ресурсосберегающие системы отопления рассчитываются путем сравнения сроков окупаемости с электрокотлами, при этом учитываются эксплуатационные затраты с дополнительными инвестиционными затратами, необходимыми для установки теплового насоса и оборудования рекуперации тепла.

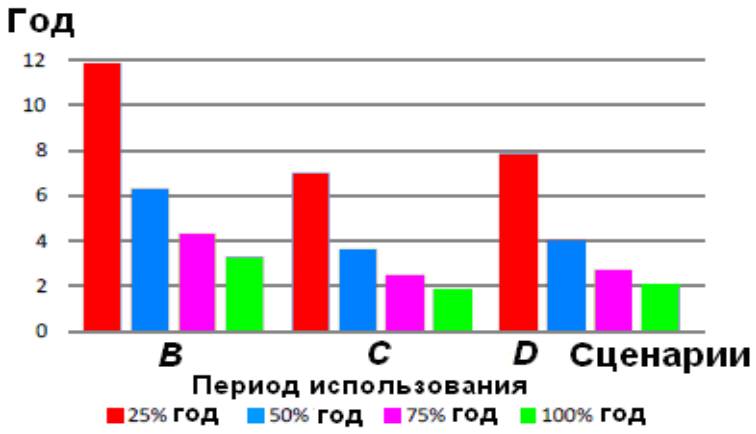


Рис. 2. Сроки окупаемости различных сценариев рекуперации тепла

Можно заметить, что если система отопления работает в течение 6 месяцев, система рекуперации тепла на основе теплового насоса обеспечивает срок окупаемости менее 4 лет.

Литература

1. Heat pump, solar energy and ice storage systems – modelling and seasonal performance [Electronic resource] / C. Winteler [et al.] // 11th IEA Heat Pump Conference. Montreal (Quebec) Canada, 2014. URL: https:// docplayer.net/5136285-Heat-pump-solar-energy-and-ice-storage-systems-modelling-and-seasonal-performance.html (date of application: 04.02.2020).

УДК 621.181

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОТЛА ТГМ-84 НА УФИМСКОЙ ТЭЦ-4

Печников Д.С.[1], Сафин М.А.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]dvdrw989@gmail.com, [2]cmvorkut@mail.ru

Рассмотрена автоматизированная система управления технологического процесса (АСУ ТП) парового котла ТГМ-84, введённого в эксплуатацию на Уфимской теплоэлектроцентрали – 4 (ТЭЦ-4) Башкирской генерирующей компании научно-производственной фирмой «КРУГ» с использованием типового технического решения – АСУ ТП котлоагрегата. Приведены результаты модернизации и представлены функции автоматизированной системы.

Ключевые слова: АСУ ТП, автоматизация, ТЭЦ, котлоагрегат.

Котельные агрегаты ТГМ-84 предназначены для получения пара высокого давления при сжигании газообразного топлива или мазута. Котельный агрегат ТГМ-84 вертикально-водотрубный, однобарабанный, П-образной компоновки, с естественной циркуляцией. Состоит из топочной камеры, являющейся восходящим газоходом, и опускной конвективной шахты.

«КРУГ» – крупная российская компания, компетенции которой находятся в области промышленной автоматизации и разработки программного обеспечения.

Цель: доведение существующей системы до уровня полномасштабной АСУ ТП.

Основными задачами автоматизации ТГМ-84 были:

– модернизация существующей информационно-измерительной системы до уровня полномасштабной АСУ ТП,

– обеспечение оперативного персонала полной информацией о ходе технологического процесса и состоянии основного оборудования для оперативного управления и ведения технической отчетности,

– выполнение защит и блокировок котла на микропроцессорной технике в соответствии с требованиями нормативных документов,

– повышение надежности работы оборудования, качества регулирования за счет передовых технологий контроля и управления [1].

ПТК КРУГ-2000 – российский программно-технический комплекс, предназначенный для создания автоматизированных систем управления объектами с непрерывным или периодическим характером протекания технологических процессов, в том числе:

– автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) в составе [2]:

– информационно-измерительных подсистем,

– подсистем автоматического регулирования,

– подсистем технологических защит и защитных блокировок,

– автоматизированных систем оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ),

– систем телемеханики,

– систем коммерческого и технического учёта энергоресурсов,

– тренажёров для обучения операторов.

АСУ ТП котла была разбита на три иерархических уровня [3].

В первый (нижний) уровень входят датчики измеряемых сигналов, исполнительные устройства, включающие в себя запорную и регулирующую арматуру.

Второй (средний) уровень представлен шкафом управления котла ШУ-1 (размещен в помещении операторной) и шкафами управления горелок ШУГ-1 и ШУГ-2 (размещены на площадках возле горелок верхнего и нижнего ярусов). В шкафах управления горелками ШУГ-1 и ШУГ-2 размещены модули ввода/вывода контроллера № 1 (подсистемы управления горелками (САУГ)), панели оператора для местного управления горелками на базе сенсорной панели WEINTEK, а также модули ввода/вывода контроллера № 2 (подсистема ИИС). В шкафах ШУГ-1 и ШУГ-2 использованы модули ввода/вывода серии TREI-5B-05. Связь модулей ввода/вывода каждой из подсистем с процессорным модулем осуществляется по резервируемому интерфейсу ST-BUS.

В третий (верхний) уровень системы входят:

– автоматизированные рабочие места машиниста со 100%-й взаимозаменяемостью по своим функциональным возможностям,

– автоматизированное рабочее место системного инженера, позволяющее выполнять работы по сопровождению АСУ ТП.

Система автоматического ввода и вывода защит обеспечивает возможность нормальной эксплуатации технологического оборудования во всех эксплутационных режимах, включая пусковые, без вмешательства персонала в работу защит. Интерфейсная часть подсистемы технологических защит и блокировок выполнена в удобном для понимания алгоритма виде и позволяет быстро и оперативно разобраться в причинах действия защиты или блокировки.

Технологические защиты предусматривают [4]:

– измерение и контроль технологических параметров,

– обнаружение, сигнализация и регистрация отклонений параметров от установленных границ,

– выполнение алгоритмов технологических защит и блокировок котлоагрегата,

– автоматический розжиг газовых горелок,

– дистанционное управление оборудованием котла,

– регулирование технологических параметров,

– отработка задания на изменение нагрузки от общестанционного регулятора.

Использование ПТК в существующих системах является одним из ключевых звеньев в системе функционирования и развития любого предприятия. Замена интеллектуального труда человека машинным приводит к повышению качества и эффективности, снижению затрат и убытков. Рассмотренная АСУ ТП котлоагрегата ТГМ-84 обладает расширенной

функциональностью и обладает рядом преимуществ перед САУ до модернизации котла. Поэтому внедрение данной модернизации на Уфимской ТЭЦ-4 стало отличным шагом в повышении коэффициента полезного действия, экономии и надежности всей ТЭЦ-4.

Литература

1. Казанская ТЭЦ-3: учеб. пособие / Н.Д. Чичирова [и др.]. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2012. 289 с.
2. Калмыков М.В. Конструкция и работа котла ТГМ-84: метод. указ. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2006. 12 с.
3. АСУ ТП парового котла ТГМ-84 Уфимской ТЭЦ-4 [Электронный ресурс]. URL: https://www.krug2000.ru/decisions/solutions_energy/asu-tp-parovogo-kotla-tgm-84-ufimskoy-tets-4.html (дата обращения: 21.02.2020).
4. Автоматизация котлов. АСУ ТП котлоагрегата [Электронный ресурс]. URL: https://www.krug2000.ru/decisions/solutions_energy/asu_tp_kotloagre-gata.html (дата обращения: 21.02.2020).

УДК 004.056

ЗАЩИТА КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ BLOCKCHAIN

Платонова А.В.[1], Сафин М.А.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]platonova.al2016@yandex.ru, [2]cmvorkut@mail.ru

Рассмотрены возможности технологии блокчейн (*blockchain*) по защите компьютерной информации. Также рассмотрены механизмы, встроенные в блокчейн, позволяющие осуществлять надежность и обеспечить целостность информации.

Ключевые слова: блокчейн, защита информации, база данных, хеширование данных, блоки данных, кибер-угроза, информационная безопасность.

В современном мире проблема информационной безопасности стоит на первом месте, так как количество киберугроз только растет. Как говорил немецкий бизнесмен Натан Майер Ротшильд, «кто владеет информацией, тот владеет миром». Поэтому, чтобы «посторонние» не могли деформировать механизмы коммуникации, дестабилизировать механизмы

функционирования основных систем общества, лишить возможности реализации информационной составляющей личности, государство ведет постоянную борьбу против внешних и внутренних угроз. В связи с этим и была создана технология блокчейн.

Blockchain – распределенная база данных, состоящая из связанных между собой записей – блоков. Она возникла при создании Bitcoin (рис.1) [1].

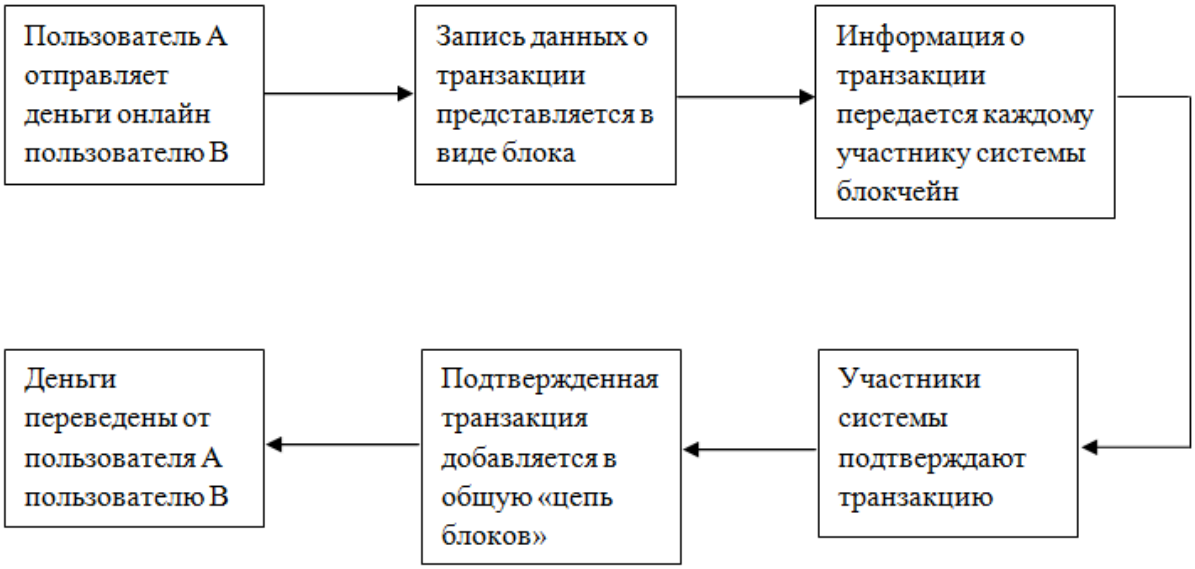


Рис. 1. Структурная схема

Информация хранится в сети в виде блоков с данными, которые защищены с помощью криптографии. Каждый блок ссылается на своего предшественника. Ее главные преимущества – прозрачность проводимых транзакций и открытость, т.е. это означает, что при заключении контрактов и сделок все участники процесса знают о шагах своих партнеров. Если кто-то вводит новую часть данных в систему, она должна быть проверена как минимум 51 % участников сети блокчейн, и только после она будет добавлена в новый блок (рис. 2). Вся информация равномерно распределена между пользователями. Такая система является отличной защитой против атак хакеров [2].

Хеширование данных является неотъемлемой частью технологии блокчейн. Оно используется для создания адресации в блокчейн-системах, для формирования цифровой электронной подписи сообщений, а также для добычи криптомонет (так называемого майнинга) в некоторых блокчейн-проектах.

Кроме того, благодаря хешированию, когда строка данных изменяется, новая либо предыдущая запись остаются видимыми, так как ни одна из них не может быть стерта. В связи с этим кибер-преступники сталкиваются с еще одной проблемой – их шаги будут видны всем пользователям.

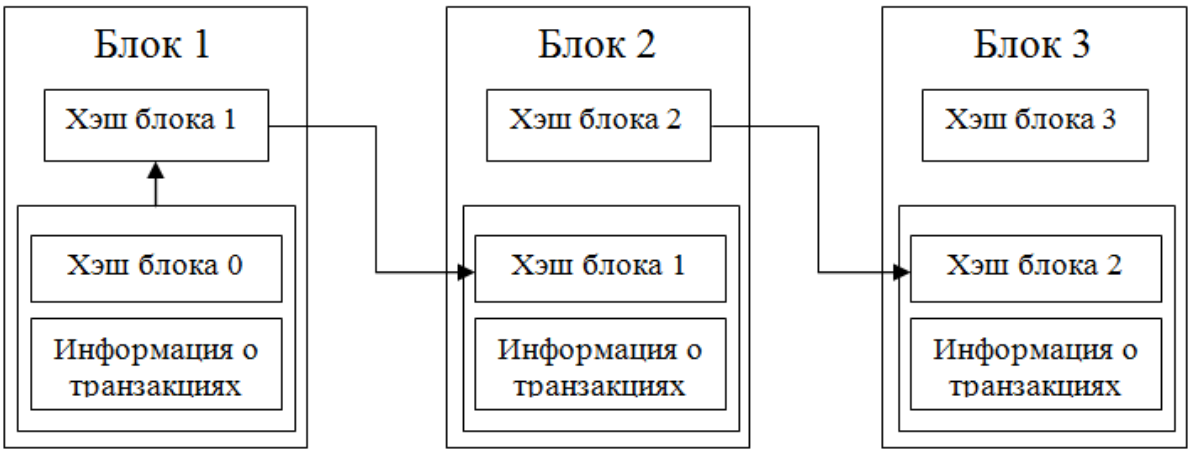


Рис. 2. Схема работы блокчейна

Высокая степень надежности не позволяет подделать блокчейн-реестр, потому что в таком случае информация просто не будет считываться, т.к. нарушится целостность кода.

Все перечисленное позволяет сделать вывод, что для того, чтобы стать надежным хранилищем данных, любая блокчейн-структура должна удовлетворять следующим критериям:

– уметь распространять между всеми узлами сети необходимые данные и поддерживать их актуальное состояние через процессы репликации и синхронизации;

– поддерживать неразрывную связь между блоками данных путем формирования в каждом новом блоке ссылки на предыдущий по отношению к нему блок;

– уметь эффективно хешировать данные;

– применять исключительно стойкие к взлому криптографические алгоритмы, необходимые для защиты записываемых в блоки данных;

– использовать элементы специального подраздела математики – теории игр – для того, чтобы все узлы системы соблюдали установленные правила и достигали общего согласия при создании новых блоков и записи в них данных [3].

Блокчейн обеспечивает фундаментально иной подход к защите информации от киберугроз, который распространяется за пределы узловых серверов и включает защиту данных пользователей, каналов общения, поддерживающей бизнес-процессы организаций. Новые угрозы в интернете будут возникать всегда, однако блокчейны выступят мощным инструментом, которым специалисты будут пользоваться для повышения надежности системы.

Литература

1. Приходько Д. Криптовалюта: учеб. пособие по работе с цифровыми активами. Екатеринбург: Издательские решения, 2019. 330 с.

2. URL: https://www.cloudav.ru/mediacenter/ (дата обращения: 04.02.2020).

3. Цихилов А. Блокчейн. Принципы и основы. М.: Интеллектуальная Литература,2019. 188 с.

УДК 621.311.22:004.45

ЭФФЕКТИВНОСТЬ САУ ТЭЦ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНЕДРЕНИЯ ПТК SPPA-T3000

Поплавский И.А.[1], Сафин М.А.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]hope_jefferson@bk.ru, [2]cmvorkut@mail.ru

В статье представлено общее описание, а также функциональные возможности программно-технологического комплекса (ПТК) SPPA T-3000. Показаны преимущества применения данного ПТК относительно теплоэлектроцентралей (ТЭЦ).

Ключевые слова: ТЭЦ, автоматизация, ПТК, эффективность, SPPA T-3000.

Современные системы автоматического управления (САУ) на ТЭЦ на базе Siemens имеют огромное количество функций. Для того чтобы выделить наиболее основные функции управления, было предложено кампанией Siemens разработать ПТК SPPA-T3000. Как и любой ПТК, он обладает рядом преимуществ и недостатков.

Данный ПТК на базе Siemens, вышедший на рынок в 2005–2006 гг., также отлично подходит для выполнения всех задач автоматизации оборудования ТЭЦ, таких как управление турбинами и паровыми котлами. Он соответствует всем требованиям стандартов ГОСТ, IEC, EN, DIN, VDE [1].

Результаты исследования компании ARC Advisory Group по теме надежности автоматизации технологических процессов в Северной Америке показали, что до 42 % внеплановых остановов и нарушений плана выработки электроэнергии связаны с человеческим фактором [3]. Ситуация в России и в других странах очень схожа. Операторы блочных щитов управления (БЩУ) электростанции выполняют широкий спектр задач. До 90 % времени тратится на слежение за процессом, анализ ПСО, выполнение приказов диспетчера, журналирование, сопровождение работ по нарядам и распоряжениям. Основная задача систем автоматизации этой ежедневной работы – обеспечение комфортного управления и наблюдения. При такой высокой загрузке оперативного персонала и высоких требованиях к скорости принятия решений требуется сфокусировать работу исключительно на важнейшей в данный момент информации. Именно поэтому «Сименс» разработала систему, которая облегчает работу персонала.

В условиях жесткой конкуренции на современном рынке электроэнергии к операторам электростанций предъявляются все более строгие требования. Следовательно, эффективная система управления должна иметь оптимальный человеко-машинный интерфейс (HMI).

SPPA-T3000 (рис. 1, 2) предоставляет пользователям специализированную ключевую информацию в рамках целого ряда рабочих процессов и ситуаций:

– интегрированные KPI. Отображение участков с наиболее важными ключевыми эксплуатационными показателями: оператор получает возможность следить за показателями электростанции в режиме реального времени;

– управление сменами. Во время передачи смены операторам предоставляется краткая сводная информация о состоянии электростанции. Эффективное и «интеллектуальное» управление процессом передачи смены позволяет сэкономить время и избежать ошибок;

– комплексный контроль состояния. Функция «Рекомендуется диагностика» (Diagnostic Recommended) предоставляет ключевую информацию о непредвиденных изменениях в состоянии задолго до того, как они приобретут характер критических;

– «Стоп авария» (Trip Stop). Если у персонала БЩУ есть лишь несколько секунд на реагирование, система предоставляет указания по срочным мерам. При этом на экране отображается точная последовательность действий в соответствии с существующими инструкциями, режимными картами и руководствами, а также соответствующие окна управления;

– управление и анализ сигнализации. Спокойная круглосуточная работа оператора основана на принципе «чем меньше, тем лучше». Оператор должен иметь доступ только к той информации, которая важна в данный момент, и не отвлекаться на низкоприоритетные сигналы. Однако это не означает, что какая-то сигнализация может быть подавлена или забыта [2].

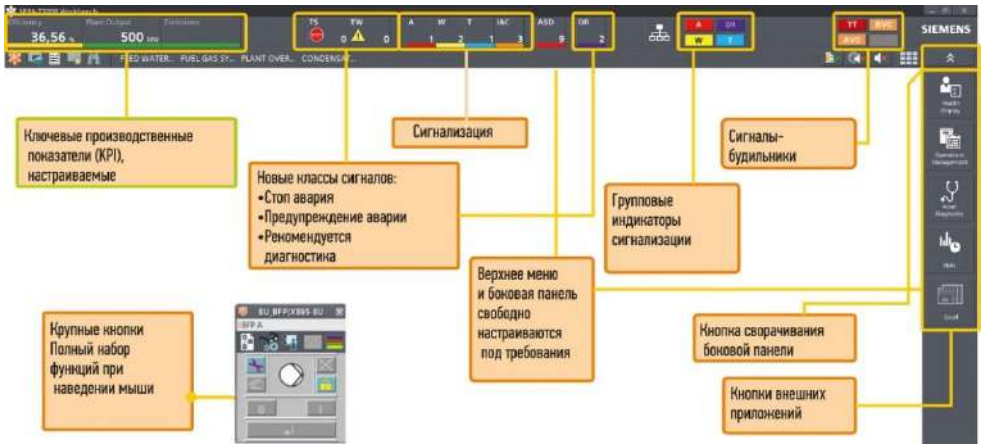


Рис 1. Интерфейс оператора SPPA T-3000 Cue

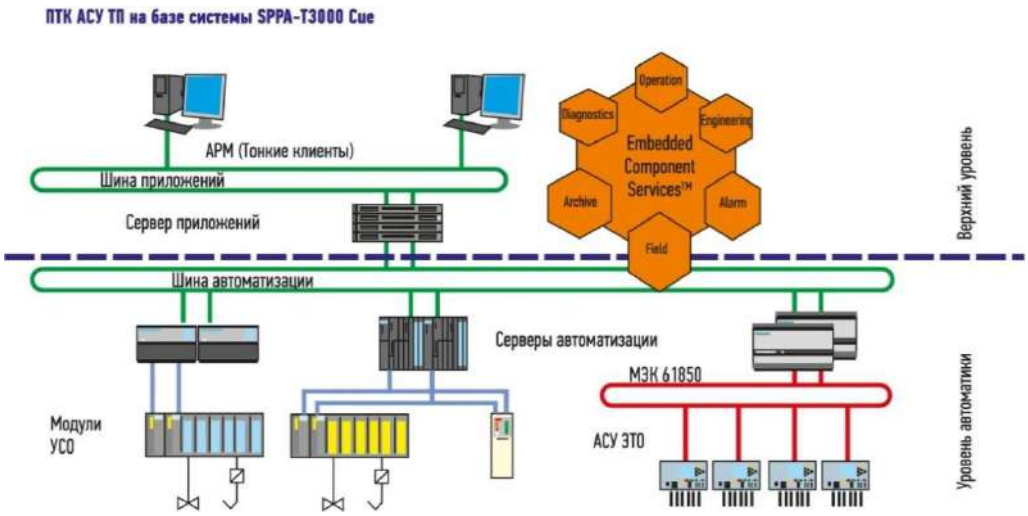


Рис. 2. Архитектура ПТК АСУТП на базе SPPA T-3000

После внедрения данного ПТК САУ позволяет работать эффективнее, качественнее, быстрее. ПТК SPPA-T3000 соответствует всем современным требованиям к программно-техническим комплексам и обладает всем набором свойств и возможностей, позволяющих создавать на его основе «большие» системы, обслуживающие как электрические, так и теплотехнические системы.

Литература

1. Свидерский А.Г., Херпель Х. Новые технические средства для автоматизации объектов энергетики. Усовершенствование автоматических систем регулирования технологических параметров энергоблоков // Теплоэнергетика. 2008. № 10. С. 9–13.

2. Руководство ПТК SPPA-T3000 [Электронный ресурс]. URL: http://kafedra.asutp.lclients.ru/sppa/AboutSPPAT3000.pdf (дата обращения: 23.10.2019).

3. Музипов Х.Н. Программно-технические комплексы автоматизированных систем управления: учеб. пособие. СПб.: Изд-во «Лань», 2018. 164 с.

УДК 681.5:[519.85+004.89]

РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОГО РЕГУЛЯТОРА ПРИ ПОМОЩИ MATLAB

Рязанова М.Э.[1], Сафин М.А.[2]

[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]milena.ryazanova20@mail.ru, [2]cmvorkut@mail.ru

Предложена идея нейронных сетей, их преимущества, а также схема сборки САУ с нейронным ПИД-регулятором, выполненную в среде Matlab/Simulink.

Ключевые слова: нейронные сети, искусственный интеллект, ПИД-регулятор, нейронный регулятор, САУ с нейронным регулятором.

Нейронная сеть – это область в разделе искусственного интеллекта, которая является программным представлением человеческого мозга. Подобно биологической нейронной сети, искусственная состоит из базовых элементов – ячеек. Они имитируют функции нейронов головного мозга. Каждый искусственный нейрон имеет несколько однонаправленных входов – синапсов, которые соединены с выходами других нейронов, вдобавок обладает аксоном, т. е. выходом, с которого сигнал поступает на синапсы других нейронов. Каждый вход описывается величиной синоптической связи, или по-другому, её весом [1].

Нейронная сеть обладает важными свойствами: обучаемостью (с учителем или без него), обобщением, интуицией, живучестью, абстрагированием, устойчивостью к ошибкам. Главными их преимуществами являются многозадачность, быстрая и параллельная обработка информации всеми звеньями, что ускоряет процесс обработки информации. Нейронные сети могут применяться в таких сферах, как автоматизация технологических процессов и производств, медицина, экономика, прогнозирование энергетических процессов, распознавание лиц и языков [2].

Для полноценного использования возможностей нейронных сетей требуются регуляторы, построенные на их основе – нейронные регуляторы.

Наиболее эффективны ПИД-регуляторы (пропорционально-интегрально-дифференцирующие), так как при этом достигается необходимая точность и качество переходного процесса. В САУ с классическим ПИД-регулятором сигнал подается на ПИД-регулятор, далее на объект управления. Имеется отрицательная обратная связь.

Нейронный ПИД-регулятор представляет собой нейронную сеть, состоящую из четырех нейронов. Первый, второй и третий нейроны имеют одинаковую структуру, но разные веса. Четвертый нейрон является суммирующим и имеет ту же структуру, что и предыдущие. Принцип действия подобен САУ с ПИД-регулятором.

На рис. 1 представлена структурная схема САУ с нейронным ПИД-регулятором.

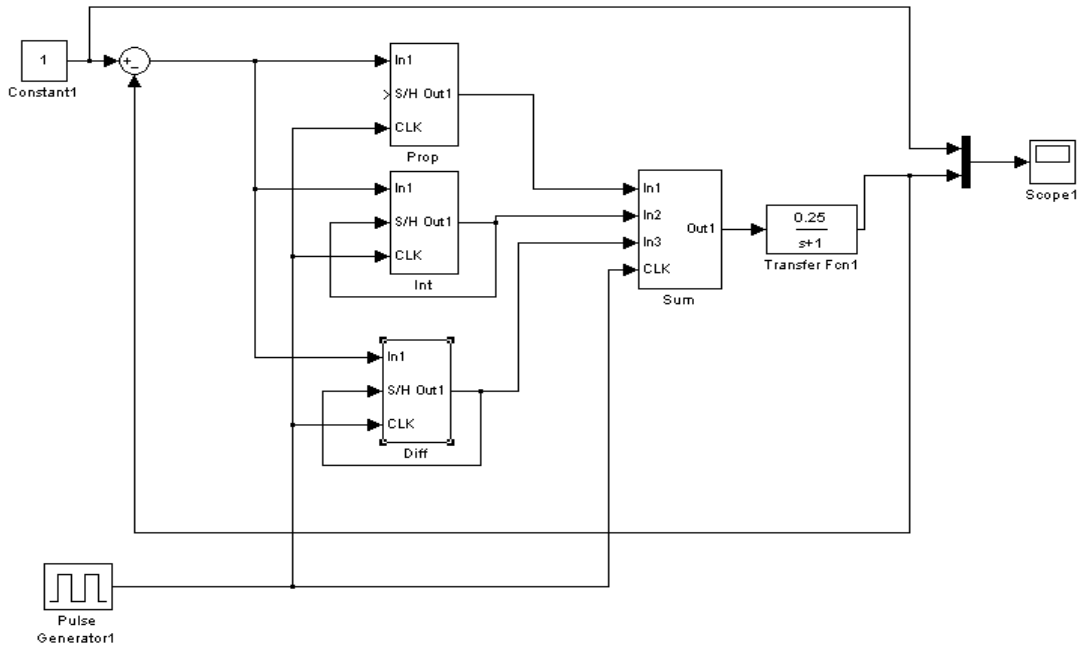


Рис. 1. САУ с нейронным ПИД-регулятором

Данный регулятор был реализован с помощью блоков **Subsystem**, которые позволяют реализовать подпрограммы пропорционального, интегрального, дифференциального законов регулирования с использованием искусственного нейрона [3].

Было произведено моделирование классического ПИД- и нейронного регуляторов и их сравнение. Для сравнения был выбран показатель качества – время регулирования.

На рис. 2 представлен график САУ с классическим ПИД- и нейронным регуляторами.

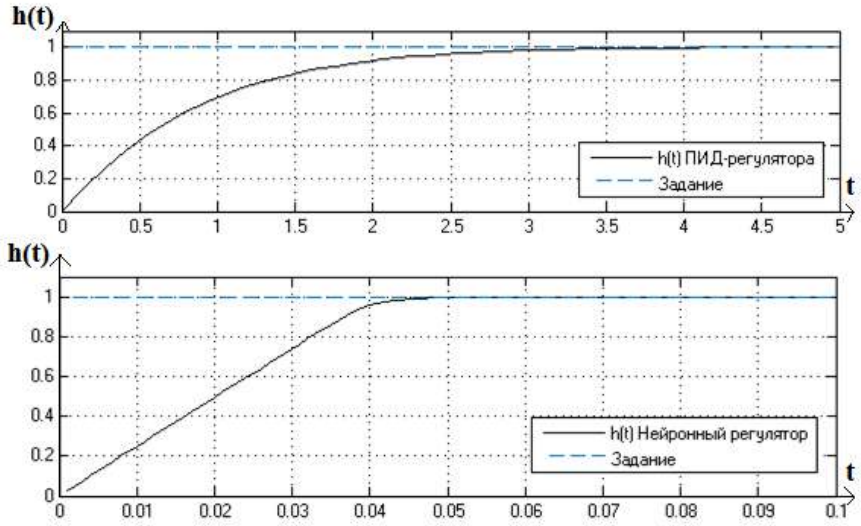


Рис. 2. График переходного процесса САУ с классическим ПИД- и нейронным регуляторами

В результате время регулирования, в течение которого переходный процесс достигает заданного значения для выбранной модели объекта с классическим регулятором, равно 2,5 с, а с нейронным регулятором – 0,04 с. Это дает нам основание полагать, что использование нейронных регуляторов востребовано и должно применяться в САУ технологических процессов и производств.

Литература

1. Терехов В.А. Нейросетевые системы управления: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 2002. 182 с.

2. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. М.: Вильямс, 2019. 1104 с.

3. Солонина А.И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в Simulink. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 425 с.

УДК 67.02

АВТОМАТИЗАЦИЯ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ СХЕМ

Садыков В.О.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
svo-1999@mail.ru
Науч. рук. Богданов А.Н.

Представлена технология мелкосерийного производства трехмерных электронных управляющих схем и цепей до 5-го класса точности, на основе аддитивных технологий и использования модифицированных полимерных материалов.

Ключевые слова: 3D-печать, мелкосерийное производство, аддитивные технологии, полимерные материалы.

Современная отрасль приборостроения переживает второе рождение. Появление на рынке такого производственного оборудования как 3D-принтеры различных конфигураций, токарно-фрезерные обрабатывающие центры, лазерные станки и другие многоосевые, пространственные, обрабатывающие системы с числовым программным управлением, значительно снизили стоимость разработки прототипа и выхода на рынок отдельных не сложных аппаратных проектов. Что в свою очередь дало начало тренду, направленному на «индивидуализацию производства». Однако для реализации более сложных проектов, коллективам разработчиков в настоящее время по-прежнему не хватает доступных производственных возможностей. Помимо этого, перед современным оборудованием стоит задача изготовить не отдельные компоненты прототипа конечного устройства, а вырастить все электромеханические части в составе одной готовой физической сборки, т. е. интегрировать электропроводящие цепи и компоненты в массив корпуса устройства. Все это создает спрос на устройство, позволяющее в едином корпусе реализовать мелкосерийный полый производственный цикл. Современный уровень интеграции информационных технологий в повседневную жизнь и ярко выраженный тренд на развитие интернета вещей делают разрабатываемую технологию незаменимым инструментом процессе разработки и мелкосерийного производства полимерных деталей с функциями электронных систем [1, 2].

Проект ориентирован на создание технологии мелкосерийного производства трехмерных электронных управляющих схем и цепей до 5-го класса точности на основе аддитивных технологий и использования модифицированных полимерных материалов. Для создания прототипа управляющей платы неограниченной слойности используется послойное выращивание полимерной диэлектрической подложки, чередующееся экструдированием токопроводящих дорожек и монтажом элементной базы. Проводящие дорожки изготавливаются из полиацетилен-производного полимера, допированного наночастицами серебра и модифицированного углеродными нанотрубками, что позволяет, варьируя состав композита, программировать физические характеристики и сопротивление токопроводящей структуры от полупроводника до металлической проводимости. В процессе выращивания элементы управляющей цепи позиционируются, устанавливаются и припаиваются к проводящим контактам, а затем «запечатываются» массивом изолирующего полимерного материала (см. рисунок).

Пример полимерной управляющей платы

Реализация проекта направлена на объединение необходимого количества технологических процессов в рамках единого форм-фактора – многоосевой портальной ЧПУ-платформы с системой автоматической смены агрегатов производственного цикла и единым интерфейсом отображения, настройки и контроля состояния технологических процессов на стадии производства прототипа электронного устройства. В конечном

счете, будет создан 3D-принтер, способный изготавливать электромеханические элементы с программируемыми физическими свойствами, что позволит обрести форму довольно обширному и популярному, но немного абстрактному сейчас понятию – интернет вещей.

Разрабатываемое оборудование обладает рядом значительных конкурентных преимуществ, таких как: меньшая, по сравнению с комплексом оборудования для мелкосерийного производства, себестоимость, минимальные сроки производства законченного прототипа или определенной технологической операции, существенно более высокая технологичность и возможности производства, отсутствие внутрипроизводственной логистики, а также соблюдение политики конфиденциальности при разработке новой продукции и наглядность процесса производства. Другим преимуществом является форм-фактор оборудования. Компактность разрабатываемого устройства предоставляет возможность устанавливать его на мобильное шасси и использовать его в качестве передвижной производственной лаборатории, как в военных, так и в гражданских целях. Экономия средств, времени, трудозатрат при максимальном уровне производительности оборудования [3].

Будет осуществлена возможность комбинирования интегрируемых агрегатов на технологической базе с масштабируемыми параметрами рабочей камеры, что позволит в короткие сроки изготовить качественное производственное оборудование под требования заказчика либо модернизировать ранее приобретенное оборудование серии.

Литература

1. Токарев Б.Е., Токарев Р.Б. Анализ технологий рынка 3D-печати: два года спустя [Электронный ресурс] // Науковедение. 2016. Т. 8, № 1. DOI: 10.15862/28EVN116 https://naukovedenie.ru/PDF/28EVN116.pdf (дата обращения: 07.02.2020).

2. Перспективы развития 3D-печати [электронный ресурс]. URL: https://3dtoday.ru/blogs/printool/the-development-prospects-of-3d-printing#comments (дата обращения: 06.03.2020).

3. Настоящее и будущее 3D-печати: проблемы и прогнозы [Электронный ресурс]. URL: https://kontur.ru/articles/4708 (дата обращения: 06.03.2020).

УДК681.5+004.4

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ MES-СИСТЕМ

Сафаров И.М.[1], Нуртдинов Р.Р.[2], Шайдуллин Т.Ф.[3]
[1-3]ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань
[1]ildarsafarov@mail.ru, [2]ralif-nurtdinov@mail.ru, [3]tima_shaidullin@mail.ru

Выделены ключевые качества MES систем, благодаря которым внедрение таких систем на российских предприятиях позволяет добиться большей эффективности производства.

Ключевые слова: MES-система, ERP, EOS, DAO.

Основное назначение. MES-системы (от англ. *Manufacturing Execution System* – система управления производственными процессами) – планирование выполнения заказов на уровне цеха, линии, участка. Задает нормы выпуска продукции, составляет расписание через анализ технологического процесса.

MES управляет уникальными параметрами, имеющимися в технологическом процессе определенного предприятия (они производственные, неэкономические). Для каждого направления имеются свои варианты MES-систем [1].

Объем MES не зависит ни от структуры предприятия, ни от его размеров. Абсолютно любая отлаженная производственная линия может быть оборудована MES-системой.

На небольшом производстве ERP можно заменить обычным ПО, например Microsoft Project. MES-системы приносят ощутимую пользу при работе на мелкосерийном производстве – до 200 станков и 10000 операций с горизонтом планирования не более 3–10 смен.

Основное условие для ERP – максимальная прибыль. На уровне цеха выполнения заказа может быть сегодня убыточным, но увеличивать прибыль компании в долгосрочной перспективе. MES предоставляет тонко приводить в порядок именно производственные критерии по качеству, затратам и срокам [2].

MES координирует физическими величинами. Неправильная настройка и сбои могут привести к катастрофическим последствиям, вплоть до списания целой партии товара и разрушения технологии.

На сегодняшний день MES уже не отдельные приложения, а комплексная система, объединяющая производство (см. рисунок). При помощи MES пользователи могут получать информацию обо всех производственных операциях, которые ведутся на предприятии. Все это происходит в режиме реального времени. А это позволяет сделать производство прозрачным и принимать управленческие решения с высокой скоростью и мобильностью.

Модули MES

Стоит отметить, что системы MES особенно востребованы на предприятиях с многоуровневыми технологическими процессами, которые зависят от многих причин: температурного режима, давления, энергопотребления и др.

MES-система Zenith SPPS: конкурентоспособные преимущества

Главные преимущества MES-системы Zenith SPPS по сравнению с аналогами:

1) полный набор функций APS/MES с возможностью интеграции с уже имеющимися системами автоматизации и учёта (1С и др.);

2) несложность установки и настройки;

3) приемлемая стоимость лицензий и внедрения MES-системы Zenith SPPS (зарубежные аналоги оцениваются как минимум на порядок дороже);

4) MES-система Zenith SPPS создана российскими авторами для российских условий производства, которые существенно отличаются от зарубежных;

5) MES-система Zenith SPPS предоставляет управление производством на том уровне, где создаётся прибавочная стоимость, т. е. непосредственно в цехе.

Эффективность производства повышается посредством следующих механизмов оптимизации внутрицеховой деятельности:

1) за счёт моделирования технологической среды предприятия MES-система Zenith SPPS позволяет рассчитывать оптимальный объём технологического оборудования для выполнения текущих заказов;

2) увеличивается фондоотдача технологического оборудования;

3) среднестатистический коэффициент загрузки оборудования увеличивается с 0,45 до 0,8, т. е. почти в два раза;

4) уменьшаются нормы материальных и трудовых затрат;

5) понижается себестоимость выпускаемой продукции;

6) становится больше скорость прохождения заказов;

7) конкретно соблюдаются сроки производства;

8) объёмы незавершённого производства снижаются на 25–30 %.

Плюсы использования MES-систем. Что дает использование систем класса MES? Мировой опыт показал высокую эффективность таких систем, выразившуюся в значительном улучшении финансовых показателей предприятий. Вот лишь часть из них:

– на 15 % производительность возрастает;

– на 45 % повышается коэффициент загрузки оборудования;

– на 30 % становится меньше объем незавершенного производства;

– на 40 % понижаются объемы производственных запасов;

– на 60 % становятся лучше соблюдение времени поставки.

Срок окупаемости проекта внедрения MES-системы измеряется неделями, а ее преимуществами можно пользоваться годами [3].

Задачи, которые решают MES-системы:

1) отслеживание статуса ресурса, в том числе разработка модели производства, организация хранения, быстрый поиск информации по материалам, адресам поставщиков, нормативам качества;

2) диспетчеризация производства, в том числе управление материалами, заказами, отслеживание степени выполнения плана;

3) управление качеством, в том числе получение данных от систем АСУ ТП, архивирование данных;

4) управление техническим обслуживанием;

5) оценка уровня производительности, включающая в себя математический и статистический анализ, учет рабочего времени и простоя, формирование отчетности;

6) создание расписаний;

7) электронный документооборот;

8) управление персоналом;

9) проверка готовой продукции.

Заключение. В конце статьи хотелось бы сказать, что внедрение таких систем на российских предприятиях позволяет получить большей эффективности производства и при помощи этого сделать конкретный шаг к повышению конкурентоспособности предприятия на мировом рынке.

Литература

1. MES-Системы: Назначение и возможности [Электронный ресурс]. URL: https://ivctl.ru/o-kompanii/blog/mes-sistemy (дата обращения: 01.03.2020).

2. Печерских В., Бельцев Г. Внедрение ERP-решений на платформе «1С:Предприятие 8». М.: БХВ-Петербург, 2015. 160 с.

3. MES – Теория и практика. М.: Высшая школа, 2012. Вып. 4. 104 с.

УДК 681.5

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Сафиуллина Г.М.[1], Богданова Н.В.[2]

[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]safiullina.gm@kgeu.ru, [2]nv_voronina@mail.ru

Рассмотрены ключевые инновации, открытия, приведшие к промышленным революциям, концепция Индустрии 4.0 и ее принципы, проблемы, которые могут возникнуть при ее реализации, и предложены возможные пути их преодоления и преимущества.

Ключевые слова: индустрия 4.0, цифровая трансформация, автоматизация, роботизация.

Большинство крупных промышленных предприятий расширяются и увеличивают объемы производства. В этом им активно помогает внедрение автоматизированных систем управления и робототехника [1]. Современные тенденции развития технологий требуют совершенствования автоматизации. Мир уже пережил три индустриальные революции. Первая

промышленная революция была обусловлена изобретением паровой энергии, механических устройств, развитием металлургии, что привело к переходу к промышленному производству, развитию транспорта. Вторая промышленная революция была связана с изобретением электрической энергии. Третья произошла с началом применения электронных и информационных систем. Она повлекла за собой интенсивный процесс автоматизации и роботизации производств. Предпосылками же четвертой промышленной революции стали переход на возобновляемые источники энергии, создание глобальных промышленных сетей, изобретение 3D-принтеров, искусственного интеллекта и другие инновации. Многое из перечисленного уже внедрено в практику и используется человеком в промышленности и в быту. Для реализации новой концепции требуется объединение всех этих компонентов в одну единую систему. Человечество стоит на пороге четвертой промышленной революции (Индустрия 4.0). Она предполагает переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управлять которым будет искусственный интеллект в режиме реального времени с учетом внешних факторов.

Впервые концепция четвертой индустриальной революции была сформулирована в 2011 году на Ганноверской выставке [2].

Ключевыми технологиями Индустрии 4.0 являются облачные вычисления, аддитивное производство, кибербезопасность, IoT платформы, дополненная реальность, виртуальное моделирование, автономные роботы, анализ больших данных, интеграция ИТ-систем. Современные технологии непрерывно развиваются, их список постепенно дополняется. Ведь именно они являются важными драйверами развития современной промышленности.

Совокупность технологий, которые обеспечивают взаимодействие между виртуальным и физическим миром, называют киберсистемами [3].

Немецкие промышленники выделили четыре основных принципа концепции «Индустрия 4.0».

Первая – совместимость, которая позволит человеку и машине взаимодействовать и контактировать друг с другом через интернет Вещей (IoT).

Следующий принцип – прозрачность. В виртуальном мире создается виртуальный аналог реальных объектов, систем функций. Результатом будет являться сбор максимально полной информации обо всех процессах, происходящих на объекте.

Третий принцип – техническая поддержка. Ее суть в том, что компьютерные системы помогают выбрать верное решение, исходя из информации, которая была собрана, проанализирована и визуализирована.

Четвертый принцип – децентрализация управленческих решений, способность системы самостоятельно принимать решения.

В целом идея состоит в том, чтобы максимально полно внедрить автоматизацию, где человек лишь будет наблюдателем-контролером.

Сейчас рынок «Индустрия 4.0» находится в зарождающемся состоянии и постепенно развивается. Руководители предприятий не просто переосмысливают принцип своего производства, но и активно создают такой комплекс, в котором будет производиться продукция высшего качества с меньшим количеством ошибок и которые автономно смогут изменять имеющиеся шаблоны, когда это будет необходимо, оставаясь при этом высокоэффективными.

Четвертая индустриальная революция несет за собой множество изменений. Какие же трудности могут возникнуть? Наиболее актуальной является информационная безопасность, так как из-за онлайн-интеграции возможны большие риски по утечке информации. Единственным решением данной проблемы будут являться частные и совместные исследования в сфере шифрования. Также предприятию потребуются огромные инвестиции для осуществления цифровой трансформации и ее внедрения. Заранее просчитанный бюджет и планирование постепенного внедрения инноваций могут помочь, но при этом нужно будет учесть и всевозможные риски. После внедрения штат сотрудников значительно сократиться, что плохо скажется на рынке труда. Многие не будут иметь достаточную квалификацию. Также неизбежны ошибки в работе устройств, расчетах и программном обеспечении, но с ними поможет справится непрерывный мониторинг [4].

Но несмотря на ряд проблем, Индустрия 4.0 поможет повышению технологической и операционной эффективности ресурсов, энергии, материалов, экономической эффективности предприятия и его конкурентоспособности, увеличит продуктивность труда.

Одним из основных условий успешного внедрения Индустрии 4.0, на наш взгляд, является не разрушение нормально функционирующего промышленного производства с целью его цифровизации, но пошаговое ее внедрение. Важно использовать всю имеющуюся информацию о производстве, планировать как отдельные этапы, так и процесс в целом и постоянно оценивать реальные промежуточные результаты внедрения новых технологий.

У предприятий появится больше возможностей, потому что инновации позволяют проще экспериментировать, вводить новые элементы, быстрее тестировать образцы, делая тем самым конечный продукт все более проработанным и эффективным.

Литература

1. Системы управления технологическими процессами / Г.М. Сафиуллина [и др.] // Информационные системы и технологии достижения и перспективы: матер. Междунар. науч. конф. 2018. С. 208–229.

2. Садовский Г.Л. Анализ современных тенденций цифровой трансформации промышленности // Молодой ученый. 2017. № 14. С. 427–430.

3. Тарасов И.В. Технологии индустрии 4.0: Влияние на повышение производительности и промышленных компаний // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 2. С. 62–69.

4. Башева М.А. «Индустрия 4.0» в России: на пороге промышленного переворота // Молодой ученый. 2019. № 13. С. 100–102.

УДК 621-313.3

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КАНАЛА КОНТРОЛЯ ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ АВТОМОБИЛЯ LADA VESTA

Сергеев В В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Науч. рук. Сафаров И. М.

Предложен алгоритм функционирования канала контроля колебаний кузова и управления параметрами элементов подвески автомобиля на основе методов математического и компьютерного моделирований.

Ключевые слова: автомобиль, колебания, контроль, управление, схемотехника, электротехника.

Автомобиль является колебательной системой, состоящей из нескольких масс – кузова, колес, двигателя, кабины и др., связанных между собой упругими связями и демпферами [1]. Колебания автомобиля (рис. 1) воздействуют практически на все основные эксплуатационные свойства автомобиля: комфорт, плавность хода, устойчивость и управляемость и многие другие. С увеличением скорости движения колебания возрастают. Большое влияние на колебания оказывают так же и дорожные условия. Так как колебания, вибрации и шум оказывают негативное воздействие на водителя и пассажиров, то очевидна большое значение снижения колебаний кузова [2].

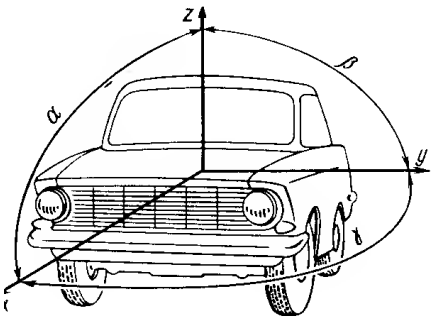


Рис. 1. Оси координат и колебания кузова автомобиля

Перечисленные координаты связаны между собой следующими зависимостями:

$$\begin{cases} z_0 = \dfrac{z_2 l_1 - z_1 l_2}{L}; \quad z_1 = z_0 - \alpha l_1; \quad z_{om_{1.2}} = z_{1.2} - \xi_{1.2}; \\ \alpha = \dfrac{z_2 - z_1}{L}; \quad z_2 = z_0 + \alpha l_2; \quad \xi_{om_{1.2}} = \xi_{1.2} - q_{1.2}. \end{cases} \tag{1}$$

Если учесть, что частота колебаний кузова существенно меньше, чем у неподрессоренных масс, то для описания движения кузова можно воспользоваться более простой моделью (рис. 2).

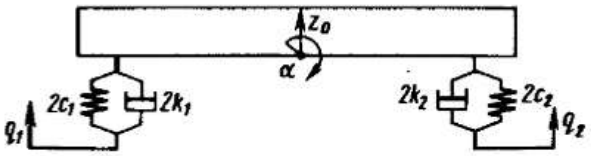


Рис. 2. Эквивалентная система для угловых колебаний кузова двухосного автомобиля

Предполагая, что коэффициент связи колебаний между подвесками мал, что допустимо для легковых автомобилей, получим два независимых уравнения движения передней и задней частей кузова. Уравнение движения одинаковое для передней или задней частей кузова:

$$M\ddot{z} + 2k\dot{z} + 2cz = 0, \tag{2}$$

где M – масса автомобиля; k и c – коэффициенты сопротивления амортизатора и жесткости пружины.

Перепишем уравнение (2) в виде:

$$\ddot{z} + 2h\dot{z} + \omega^2 z = 0, \tag{3}$$

обозначив через $h = k/M$ коэффициент сопротивления подвески, а через $\omega = \sqrt{2c/M}$ – собственную частоту колебаний автомобиля.

Высокая плавность хода реализуется подвеской, которая должна обеспечивать колебания кузова легковых автомобилей с частотой $n = 0{,}8 \div 1{,}2$ Гц; грузовых автомобилей – $n = 1{,}3 \div 1{,}9$ Гц; автобусов – $n = 1{,}2 \div 1{,}6$ Гц. Такие частоты соответствуют уровню колебаний тела человека при ходьбе и являются наиболее приемлемыми для организма. Наилучшую оценку плавность хода дает относительный коэффициент затухания ψ. С учетом значений h и ω [3] имеем:

$$\psi = \frac{h}{\omega} = \frac{k}{\sqrt{2cM}}. \quad (4)$$

Современные автомобили имеют коэффициент затухания $\psi = 0{,}15 \div 0{,}3$.

Величину ψ называют также коэффициентом апериодичности, так как при $\psi = 1$ имеем $h = \omega$ или $\omega_0 = 0$ [3].

Литература

1. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля: Колебания и плавность хода. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1972. 392 с.

2. URL: https://www.studiplom.ru/Technology DVS/Smoothness_of_a_ course.html (дата обращения: 04.03.2020).

3. Техническое обслуживание и ремонт ходовой части автомобилей и систем, обеспечивающих безопасность движения / сост. Е.А. Павленко. Пятигорск, 2015. 65 с.

УДК 621-313.3

SCADA-СИСТЕМЫ

Сиразиева Г.Ф.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
sirazieva-guzel4@mail.ru, carpenter_wowa@mail.ru
Науч. рук. Плотников В.В.

Рассмотрены основные особенности SCADA-системы, приведено краткое описание некоторых экономических модулей. Для представления особенностей работы со SCADA-системой, приведены главные особенности показателей реального времени исследуемой SCADA-системы.

Ключевые слова: SCADA-система, EAM, HRM, автоматизация производства, экономические аспекты.

На сегодняшний день актуальной проблемой, затрагивающей сферу электроэнергетики, является автоматизация производства. Вследствие этого, в последние годы очень известными становятся SCADA-системы. Эти системы предусмотрены для обеспечивания взаимодействия оператора с автоматическим технологическим ходом. Применяются в качестве инструмента для сбора данных и диспетчеризации операций, а также осуществляют другие функции. Огромное значение имеет верный выбор SCADA-систем, так как от их продуктивности почти во всём зависит доходность работы компании и размер вероятных издержек. При этом проводя сравнительное изучение программного обеспечения, принципиально принимать во внимание экономические аспекты.

SCADA – программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления. SCADA может являться частью АСУ ТП, АСКУЭ, системы экологического мониторинга, научного эксперимента, автоматизации здания и т.д. SCADA-системы используются во всех отраслях хозяйства, где требуется обеспечивать операторский контроль за технологическими процессами в реальном времени.

Функции SCADA-систем: что они дают предприятиям.

До того как разговаривать о тонкостях выбора изучаемых пакетов, нужно оценить необходимость их использования. SCADA-системы позволяют настроить системы автоматизации на решение конкретных задач; хранить истории процессов (сохранение принятой информации в архивах для дальнейшего использования); решать общесистемные задачи. Также выполняют функции автоматизированного управления процессами; диспетчерского управления (организация управления технологическими режимами работы и эксплуатационным состоянием объектов электроэнергетики) и обеспечивают безопасность автоматизированных процессов.

В АСУ существует такой сервер приложений, как монитор реального времени T-FACTORY.exe. Он предназначен для выполнения проектов класса:

– EAM (*Enterprise Asset Management*) – система управления основными фондами предприятия. Предназначена для автоматизации бизнес-процессов учета, технического обслуживания и ремонта основных фондов. Методология EAM даёт возможность за счёт внедрения информационных технологий, не прибегая к закупкам нового оборудования, прирастить производственную мощность компании.

– HRM (*Human Resources Management*) – система для управления человеческими ресурсами HRM-системы, позволяющая упорядочить все учётные и расчётные процессы, связанные с персоналом, а также понизить утраты, связанные с уходом сотрудников.

EAM в T-Factory MPB+ выполняет функции назначения приоритетов обслуживания оборудования; организации EAM-документооборота нарядов и заказов с утверждением стадий ответственным персоналом; сетевого планирования работ по техническому обслуживанию.

HRM в T-Factory MPB+ выполняет функции автоматического учета выполненных работ; автоматического учета качества выполненных работ; сетевого планирования работ; контроля выполнения работ; учета стоимости работ и трудовых затрат. Передаёт информацию о выполнении работ во внешние приложения для начисления заработной платы и премий; накапливает статистику выполнения работ, загрузки и простоев персонала.

В итоге, можно прийти к выводу, что применение SCADA-систем действительно позволяет обеспечивать высокую отказоустойчивость АСУ, гибкое распределение вычислительных ресурсов, безопасность данных. Именно поэтому у этого программного пакета больше преимуществ, чем у других. В настоящее время SCADA является основным и наиболее перспективным методом автоматизированного управления сложными динамическими системами (процессами).

Литература

1. Андреев Е.Б, Куцевич Н.А., Синенко О.В. SCADA-системы: взгляд изнутри. М.: Изд-во «РТСофт», 2015. 176 с.

2. Анзимиров Л.В. Рынок SCADA-систем России и СНГ в 2006 г. и Trace Mode // Промышленные АСУ и контроллеры. 2015. № 9. С. 33–34.

3. Кравченко И.В. Технологии SCADA Trace Mode 6 для создания телемеханических систем управления // Автоматизация в промышленности. 2015. № 4. С. 47–48.

4. Пьявченко Т.А. Проектирование АСУТП в SCADA-системе: учебное пособие. Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2007. 84 с.

5. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/SCADA (дата обращения: 21.02.2020).

УДК 62-529

ПРИМЕНЕНИЕ RFID СИСТЕМ В РОБОТОТЕХНИКЕ

Софьин А.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
sofinalesha14@gmail.com
Науч. рук. Данилов В.А.

Рассматривается внедрение RFID-технологии в промышленную робототехнику. Проведен анализ рынка RFID-робототехники и предлагаются методы внедрения RFID-систем в данную отрасль промышленности. Перспективой данного внедрения должна стать частичная или полная замена людей на складском или промышленном предприятии, тем самым исключив человеческий фактор в производстве.

Ключевые слова: RFID-технология, робототехника, инженерная кибернетика, роботизация, промышленность, промышленные роботы.

RFID – технология автоматической бесконтактной идентификации объектов, промаркированных RFID-меткой, с помощью радиосигнала. Первое упоминание об RFID-системе было в 1945 г. в Лос-Аламосе. Первое применение данная технология получила в военной авиации, с помощью нее дружественные войска в условиях плохой видимости могли распознать друг друга. В начале 2000-х гг. эта система получила большое практическое применение во всех отраслях производства (на складах, в логистике, в процессе производства какого-либо изделия). Сейчас RFID – широко развитая система, которая нашла свое применение во многих отраслях [1].

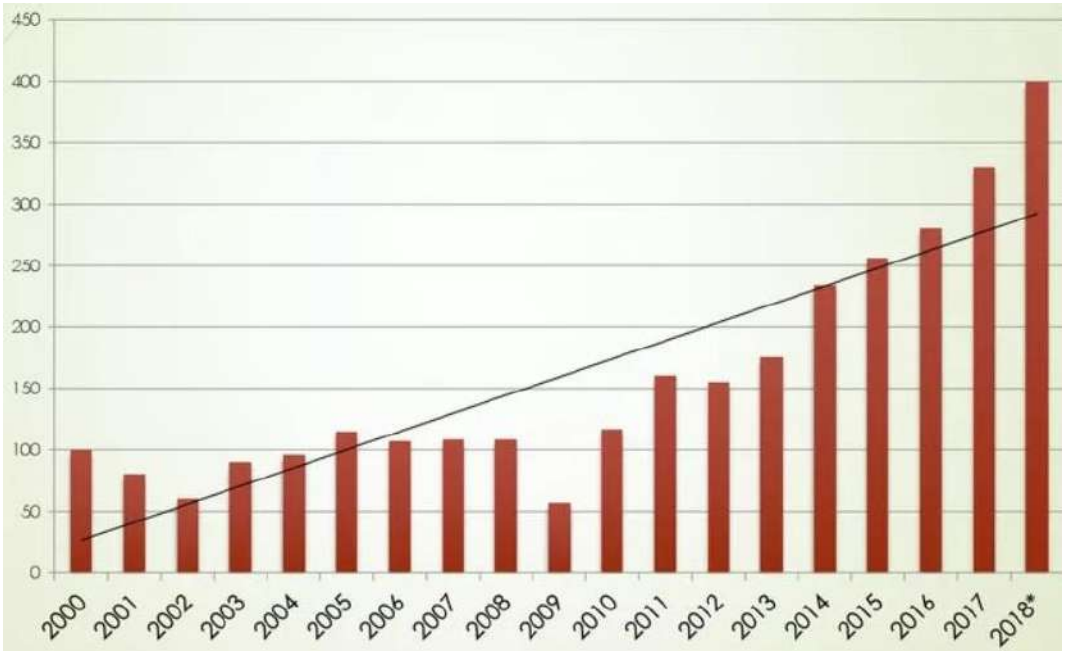
Сегодня крупные промышленные компании приступают к внедрению RFID-технологии в робототехнику, для того чтобы заменить такими роботами людей на производстве. Одни из наиболее распространенных роботов, оснащенный RFID, работает на складе предприятия и проводит инвентаризацию товаров и материалов [2]. Проверка происходит следующим образом: робот проезжает мимо материалов, маркированных RFID-меткой, считывает с них информацию и заносит ее в базу данных.

Технология радиочастотной идентификации помогает существенно сократить время обработки и обновления информации, а роботизированность этого процесса позволяет избегать ошибок, допускаемых человеком во время инвентаризации или обновлении информации.

Другим решением на базе RFID-робота для скала является беспилотный летательный аппарат, оснащенный RFID-системой. Дрон летает вдоль полок склада, считывает информацию и заносит ее в базу данных. [3] Данная разработка находится на фазе тестирования. Преимущество дрона над наземным роботом заключается в более высокой скорости считывания информации. Но дроном управлять сложнее и еще более сложнее добиться полной автономности такого робота.

Перспективой развития данного вида RFID роботов является полная автономность таких роботов. Для этого потребуется установка более мощного аккумулятора, нескольких сенсоров, позволяющих роботу оценить помещение и обстановку вокруг. На данный момент тестируется система, при которой RFID-метки наносятся не на товары, а на детали инфраструктуры склада, а считывание этих меток сканером робота позволяет ему «привязываться» к плану склада. Автономность таких роботов позволит проводить инвентаризацию в нерабочее время, что уменьшит риск возникновения ошибок.

Анализ рынка показал, что RFID-технология в роботизации приобретает все большее развитие (см. рисунок). Если в 2016 г. RFID, как отдельная система была преобладающей, то по итогам 2018 г. можно сказать, что внедрение этой технологии в роботизацию стало более значимым для рынка [4, 5]. Те, кто уже внедрил «RFID-роботов» в свои предприятия, имеют превосходство над другими, так как скорость поступления, обработки и точность информации возросли.



Статистика использования RFID роботов на производстве

Внедрить данную технологию на Российский рынок можно двумя путями: либо создать высокую конкуренцию нескольких предприятий, закупив RFID-роботов заграницей, либо начать производство таких роботов на своих заводах, что в несколько раз снизит стоимость закупки данной продукции.

Литература

1. Григорьев П.В. Особенности технологии RFID и ее применение // Молодой ученый. 2016. № 11 (115). С. 317–322.

2. «PAL Robotics представляет новый RFID-робот» [Электронный ресурс]. URL: http://www.gs1ru.org/pal-robotics-new-rfid-robot/ (дата обращения: 19.02.2020).

3. «RFID и роботы» [Электронный ресурс]. URL: http://robotrends.ru/robopedia/rfid-i-roboty (дата обращения: 19.02.2020).

4. «Основные тенденции мирового рынка технологии RFID» [Электронный ресурс]. URL: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/mirovoy-i-rossiyskiy-rynok-rfid-metok-i-schityvateley-20180613042736 (дата обращения: 19.02.2020).

5. «IDTechEx публикует отчет о прогнозах развития рынка RFID до 2024 года» [Электронный ресурс]. URL: https://www.rfidexpert.ru/ru/story/1269 (дата обращения: 19.02.2020).

УДК 004.9

СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММИРУЕМОГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ONI

Уткин М.О.[1], Николаев К.В.[2], Фархутдинов М.М.[3]

[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Науч. рук. Рукавишников В.А.

Рассматривается построение автоматизированной системы управления асинхронным электродвигателем 0,4 кВ, проводится параметрирование устройства и проверка используемых настроек оборудования.

Ключевые слова: программируемые логические реле ONI PLR-S, RS‑485, АСУТП, ONI PLR-S-CPU-1206-AC-BE, малая автоматизация, управление двигателем, параметрирование реле.

На сегодняшний день цифровая защита электроэнергетического оборудования и автоматизированное управление электрическими приводами занимают лидирующие позиции при построении новых цифровых предприятий. Сегодня с целью повышения эксплуатационной надежности, долговечности и эффективности работы энергетического оборудования, для решения задач диспетчерского, производственно-технологического и организационно-экономического управления энергохозяйством предприятия могут оснащаться автоматизированными системами управления [1], основанными на применении микропроцессорных устройств с гибкой логикой.

Рассмотрим пример построения автоматизированного управления электроприводом с помощью программируемого микроконтроллера ONI PLR-S. Программируемые логические реле ONI PLR-S являются устройствами «все в одном». В модуле ЦПУ имеется полнофункциональный набор входов и выходов, а также клавиш управления и встроенный дисплей, позволяющие производить настройку параметров работы оборудования без применения программаторов и персональных компьютеров [2].

ONI PLR-S (рис. 1.) способны обеспечить до 280 каналов ввода/вывода, а также до 24 интегрированных каналов ввода/вывода на модуле ЦПУ. Контроллер поддерживает связь с оборудованием по RS-485. Обеспечена возможность выноса модулей расширения на расстояние до 200 м [3].

Рис. 1. Программируемые логические реле ONI PLR-S

Программируемые логические реле ONI PLR-S находят применение при построении таких автоматизированных систем как:

– управление транспортерами и насосами, приточно-вытяжной вентиляцией и компрессорами;

– подготовка пара и сбор конденсата;

– распределение электроэнергии и управление освещением;

– сбор и предварительная обработка сигналов.

В данной работе будем использовать логические реле ONI модификации PLR-S-CPU-1206-AC-BE (рис. 2).

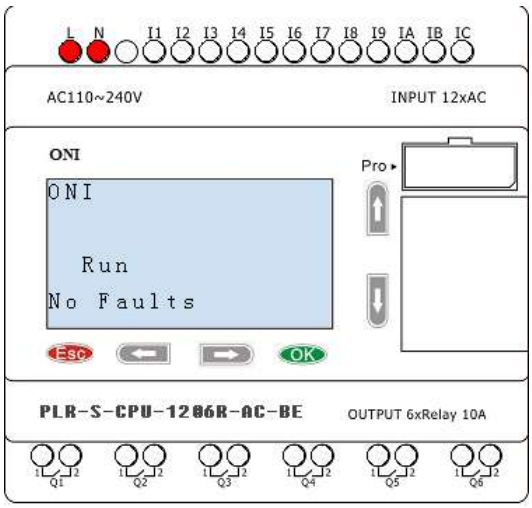


Рис. 2. ONI модификации PLR-S-CPU-1206-AC-BE

Изначально соберем схему управления, состоящую из четырех полюсного вводного автомата Schneider, двух индикаторных ламп, звонка, четырех кнопок без фиксации, соединительных клемм, автомата защиты автоматики, двух контакторов, для организации реверсивного пуска. Разработку и сборку схемы выполним на базе учебного комплекса КГЭУ «ЦПК «ЭЛЕКТРОСКИЛЛС». В итоге получили схему, представленную на рис. 3.

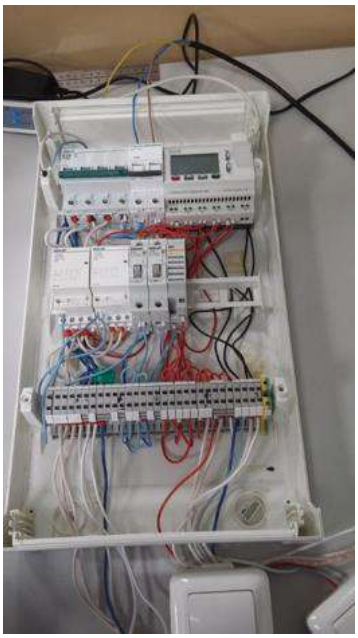


Рис. 3. Используемая рабочая схема

Далее, после сборки схемы, настроим логику работы реле ONI, для этого будем использовать профильную программу параметрирования для данных реле ONI PLR Studio. После построения логических блоков была получена схема, изображенная на рис. 4.

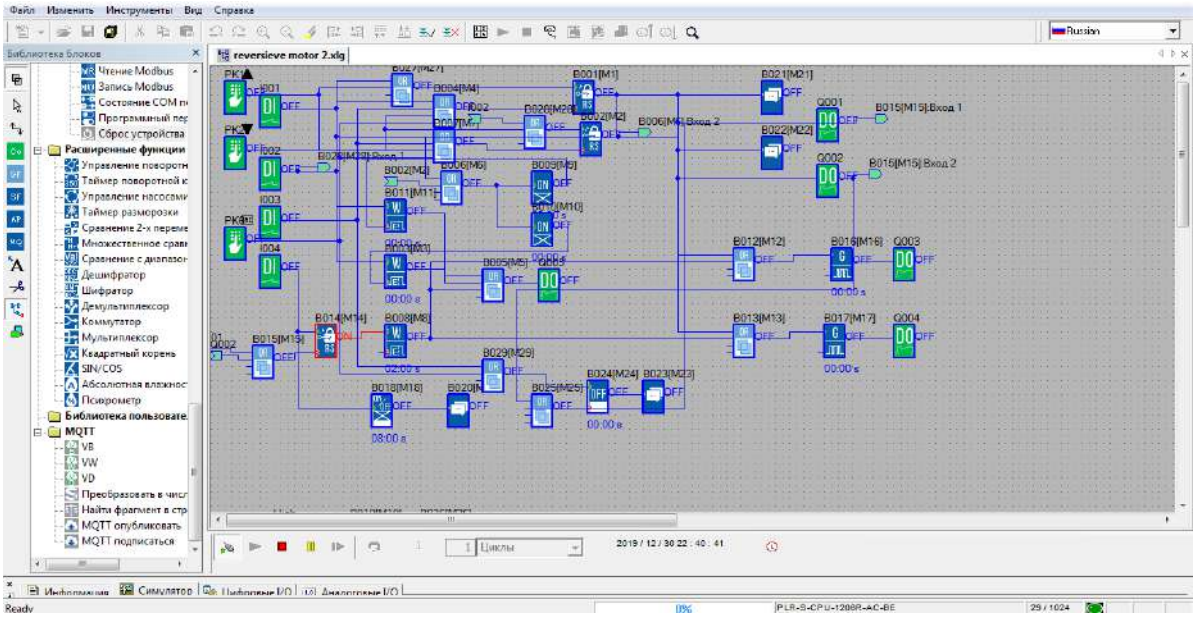


Рис. 4. Используемая логическая схема

Вывод: в результате проделанной работы, была собрана рабочая схема «малой автоматизации» для управления асинхронным электродвигателем на безе микроконтроллерного реле ONI PLR-S-CPU-1206-AC-BE.

Литература

1. «Новейшая цифровая автоматизированная система управления производством, передачей и распределением электроэнергии представлена Росэлектроникой» [Электронный ресурс]. URL: http://integral-russia.ru (дата обращения: 20.02.2020).

2. «Программируемые логические реле ONI PLR-S» // Оборудование для промышленной автоматизации. [Электронный ресурс]. URL: https://www.e-matrix.su/ONI-PLC (дата обращения: 20.02.2020).

3. «ПЛК ONI для средней и малой автоматизации» [Электронный ресурс] // ИСУП: отраслевой науч.-техн. журнал. URL: https://isup.ru/articles/4/13322/ (дата обращения: 20.02.2020).

УДК 681.5.01

ПРЕДПОСЫЛКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Файзуллина Э.И.[1], Плотников В.В.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]elvina.fayzullina@yandex.ru, [2]carpenter_wowa@mail.ru

Сегодня в мире появилось много новых и интересных продуктов и услуг, более совершенных и удобных в использовании, что кажется уже не осталось предприятий, которые работают на старых компьютерах, используя старые программные компоненты. Но всё же существуют компании, которые не готовы переложить часть хлопотливой работы на плечи компьютера. Возможно, это происходит из-за страха, что может что-то пойти не так и вся проделанная работа исчезнет. Так почему некоторые предприятия не готовы автоматизировать систему работы, включить в работу более надежные и универсальные в долгосрочном плане разработки?

Ключевые слова: автоматизация, процесс, компьютер, инновация, индустрия.

Автоматизация нужна для того, чтобы сократить наше время на рутинные процессы, сократить ошибки в работе, возможность иметь информацию в быстром и шаговом доступе.

Автоматическое управление начинает активно развиваться в первой четверти 19 века в Англии, тогда же образовался протест луддитов. Эти люди были уверенны, что машины и оборудования вытесняют людей из предприятий, они замещают людей, тем самым, не давая людям работать. По сей день прозвище луддитов является актуальным, оно применяется к людям, которые противостоят достижениям в инновационных технологиях.

Сегодня мы переживаем следующий этап эволюции систем автоматизации. На самом деле инновации, которые произошли за последние годы, производят фурор. Ведь кто бы мог подумать, что смартфоны займут большую часть нашей жизни, что будет разработана концепция умного дома, можно будет удаленно работать и подключаться удаленно к своему компьютеру, просто имея при этом доступ в интернет.

Цифровизация мировой экономики, меняет облик и структуру экономики стран и регионов, расширяются рынки, растет конкуренция. Цифровые преобразования одни из самых главных факторов мирового экономического роста. Четвертая промышленная революция, известная больше как «Индустрия 4.0» изначально появилась в зарубежных странах, как проект, направленный на повышение конкурентоспособности обрабатывающей промышленности. Четвертая индустриальная революция является полным переходом на автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени, постоянно взаимодействуя с внешней средой и с перспективой объединения в глобальную сеть услуг. На рисунке мы видим элементы «Индустрия 4.0».

Элементы «Индустрия 4.0»

Именно объединение элементов в одну целостную систему позволяет развивать концепцию и обеспечивать новый уровень эффективности производства, а также получать дополнительный доход за счёт использования цифровых технологий, формирования сетевого взаимодействия поставщиков и партнеров.

На примере предприятий, которые всё ещё не перешли на автоматизированную работу, хотелось бы рассмотреть крестьянско-фермерские хозяйства, многие хозяйства работают традиционно, а именно заполняют вручную таблицы, каждый месяц высчитывают количество запасов, сами обрабатывают посевы, кормят животных, регулируют тепло и т. д.

Чтобы сельское хозяйство было конкурентоспособным по отношению к западным и европейским производителям, требуется внедрение цифровых технологий.

Необходимо оснащать потоковыми автоматизированными линиями доения коров и первичной обработкой молока, закупить системы приготовления и линии раздачи корма животным. В помещения, где находятся животные, необходимо установить автоматический контроль климата, системы отопления и водоснабжения. Также установить автоматические системы вентиляции в зерно- и овощехранилищах, что даст преимущество в значительном уменьшении потерь готовых продуктов при их хранении. Поддержание в теплицах искусственного климата позволит выращивать овощи при очень холодной температуре.

Внедряемые в отрасль электронные инновации позволят увеличить производственную мощность и объемы реализации продукции. Всё это положительно и эффективно скажется на работе предприятия и приведет к увеличению прибыли.

Таким образом, автоматизация и её процессы значительно облегчают жизнь. Они упрощают огромное количество действий, сокращают время на проделанную работу и должны приводить к снижению себестоимости выпускаемой продукции, более чем на 30 %, за счет снижения затрат примерно на 21 %.

Литература

1. Шишмарев В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. 7-е изд., испр. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 352 с.

2. Шваб К. Четвертая промышленная революция / пер. с англ. М.: Издательство «Э», 2016. 209 с.

3. Хлебенских Л.В., Зубкова М.А. Автоматизация производства в современном мире // Молодой ученый. 2017. № 16 (150). С. 308–311.

4. Шестаков Н.В., Мишин С.П. Повышение эффективности промышленных предприятий России за счёт передовых решений в автоматизации // Автоматизация в промышленности. 2016. № 3. С. 3–5.

УДК 681.51

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Чахирев Л.В.,
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Науч. рук. Плотников В.В., Плотникова Л.В.

Описана одна из вариаций системного анализа и её использование на практике. Предложено использование программного обеспечения системного анализа для оптимизации различных технологических схем производств и основные преимущества такого использования. Представлены результаты использования программного обеспечения для проведения системного анализа на примере ПАО «Казаньоргсинтез».

Ключевые слова: системный анализ, программное обеспечение, энергоэффективность, критерии оценки эффективности.

Проблема оптимизации и повышения эффективности схем производства стоит в различных отраслях, таких как промышленность, экология и экономика. В основном решением этой проблемы выступают оптимизация схем, оценка эффективности систем и использование вторичной энергии [1].

Одним из актуальных методов решения задачи повышения эффективности системы производства является одна из вариаций системного анализа, представляющего собой связку структурного и термодинамического анализа [2].

На первом этапе данной вариации системного анализа, с помощью структурного анализа сокращается количество рассчитываемых контуров, тем самым оптимизируется последовательность расчёта контуров. Таким образом, определяется необходимая последовательность элементов для дальнейших расчётов, которая используется на следующем этапе, термодинамическом анализе.

На втором этапе благодаря полученной последовательности, рассчитывается схема и термодинамический потенциал потоков, выявляются слабые с точки зрения термодинамической эффективности участки схемы, эффективность которых можно повысить использованием вторичной энергии.

При этом для проведения системного анализа используется информационная блок-схема, основанная на технологической схеме, где каждый элемент рассматривается, как «чёрный ящик», в котором важно только наличие входных и выходных связей и их привязка к определённым параметрам.

Использование программного обеспечения, реализующее системный анализ, в данном случае автоматизирует расчёт схем и вычисления эффективности больших схем производства [3, 4].

Как дополнение к системному анализу возможно использование критериев оценки энергетической эффективности, которые позволяют оценить эффективность использования множество схем включения энергосберегающего оборудования и выбрать наиболее оптимальную схему производства.

Ранее данная вариация системного анализа применялась только на нефтехимических производствах для проектирования оптимальных схем производства, данный опыт применения был описан на примере проектирования оптимальных схем ХТС, построения расчётной модели теплотехнологической схемы нефтехимического производства и оптимизации химико-технологических процессов.

Далее использование системного анализа в целлюлозно-бумажной промышленности показало его эффективность в других областях промышленности.

В обоих случаях для расчёта использовался ручной расчёт схем, из-за чего замедлялся и усложнялся сам процесс оценки и оптимизации схем, а также возрастал риск ошибки при расчётах. Кроме того, ручной расчёт множества схем производства ещё более усложнял ситуацию.

Для автоматизации расчётов было разработано программное обеспечение, реализующее системный анализ с критериями энергоэффективности. Разработанное программное обеспечение может использоваться для создания и расчёта наиболее эффективной структуры различных сложноструктурированных схем производства и проводить быстрый, многократный расчёт различных схем включения энергосберегающего оборудования в промышленную систему с оценкой их эффективности [5] и выбором одного оптимального варианта. В целом, данное программное обеспечение позволило автоматизировать расчёты.

Работа данного программного обеспечения была протестирована на примере производства этилена на ПАО «Казаньоргсинтез», результатом системного анализа стал многократный расчёт различных схем производства и выбор наиболее оптимальной схемы, которая повысила тепловое КПД системы с 77,97 до 86,94 % и эксергетическое с 46,12 до 52,43 %.

Перспективой развития направления автоматизации системного анализа с помощью программного обеспечения является разработка программного обеспечения системного анализа для оптимизации структуры технических и информационных схем.

Таким образом, мы видим, что рассмотренная разновидность системного анализа позволяет рассчитать и оптимизировать схему, а автоматизация этого анализа посредством разработки прикладной программы позволяет сделать это быстрее и эффективнее.

Литература

1. Проектирование оптимальной ХТС на основе двухэтапных задач оптимизации / А.С. Сильвестрова [и др.] // Вестник технологического университета. 2015. № 23. С. 110–115.

2. Кашипова Л.А., Шамсин И.Д., Плотникова Л.В. Разработка программного обеспечения для анализа структуры энергетических систем // Электроэнергетика глазами молодежи – 2018: матер. IX Междунар. молод. науч.-техн. конф. Казань, 2018. Т. 2. С. 201–202.

3. Плотникова Л.В., Петрова О.Г., Плотников В.В. Построение расчетной модели сложноструктурированной теплотехнологической схемы нефтехимического производства // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2010. № 9-10. С. 21–27.

4. Макаров Д.В., Кашипова Л.А. Структурный анализ теплоэнергетических систем // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: тез. докл. 23-й Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Казань, 2017. С. 346–347.

5. Горбачева Е.О. О критериях и показателях в оценке энергоэффективности // Современные научные исследования и разработки. 2017. № 9 (17). С. 121–123.

УДК 681.518.53/.54

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ В СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ

Черкасов А.С.[1], Ким К.В.[2], Ким К.В.[3], Богданова Н.В.[4]

[1-4]ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань

[1]sanekpuer@mail.ru, [2]kostyaarsk2000@gmail.com,

[3]kirillprogress2000@gmail.com, [4]nv_voronina@mail.ru

Рассмотрены возможные принципы применения термоэлектрических преобразователей в различных технологических процессах, имеющих непосредственное практическое применение на производстве.

Ключевые слова: термо-ЭДС, термометр сопротивления, термопара, генерирование, спай.

В настоящее время процессы, протекающие на предприятиях тепло- и элетроэнергетического комплекса, характеризуются большим количеством технологических параметров. Контроль и своевременное регулирование этих параметров является, в первую очередь, залогом безопасности для персонала предприятия. Управление технологическим процессом обеспечивает его нормальное протекание, сохранность оборудования, увеличение срока между его ремонтами и получение продукции надлежащего качества. Основными параметрами отпускаемой тепловой энергии, производимой станциями, являются температура и давление. Для поддержания в норме этих параметров активно используются системы автоматического управления.

Любая система автоматического контроля, управления или регулирования включает первичные датчики для измерения параметров технологического процесса. Для совершенствования работы, уменьшения погрешностей и увеличения скорости передачи сигнала постоянно ведутся изыскания как на теоретическом, так и на практическом уровне: совершенствуются материалы и каналы передачи сигнала, улучшаются условия их изготовления. При этом существуют технологии и устройства, которые себя хорошо зарекомендовали на протяжении уже долгого времени. К таким устройствам относятся электрические термопреобразователи.

Электрические термопреобразователи представляют собой устройства, предназначенные для преобразования температуры, являющейся входящим сигналом, в электрический выходной сигнал. Все устройства данного типа можно разделить на термопары и термометры сопротивления. Принципиальным отличием одних от других является физический принцип, положенный в основу получения выходного сигнала. Так, для термопар это термоэлектрический эффект, а для термометров сопротивления – зависимость электрического сопротивления проводников от их температуры.

Термоэлектрический эффект – генерирование термоэлектродвижущей силы, возникающей при наличии разности температур между двумя точками соединения проводников из различных металлов или сплавов, образующих часть одной и той же цепи. Данный эффект объясняется наличием в проводниках свободных электронов, число которых различно

в единице объёма различных металлов. При этом генерируется разность потенциалов, величина которой зависит от температуры спаев. Свободный спай, находящийся при постоянной температуре, подвержен действию температуры в месте присоединения к измерительному прибору. Измерение температуры сводится к измерению термо-ЭДС, образующейся в преобразователе от температуры рабочего спая и при постоянной температуре холодного.

Термометры сопротивления работают по иному принципу, нежели термопары. Изменение температуры преобразователя влияет на количественные характеристики колебаний, возникающих в кристаллической решетке металла, что вызывает изменение электрического сопротивления датчика. Таким образом, можно установить зависимость изменения сопротивления от температуры.

Рассмотрим возможное подключение электрического термопреобразователя в систему автоматизированного управления к измерителю регулятору ИРТ 5502 на примере термометра сопротивления ТСМУ-205-Ех-Н.

ТСМУ-205-Ех-Н является термометром сопротивления, предназначенным для измерения температуры твердых, жидких и газообразных сред. ИРТ 5502 – это измеритель регулятор технологический, предназначенный для измерения, контроля и регулирования температуры и других неэлектрических величин, преобразованных в электрические сигналы. Данное устройство подключается к питанию от электрической сети с параметрами электрической энергии $U = 220$ В и $\upsilon = 50$ Гц. На дисплее будет демонстрироваться температура среды, в которую помещен первичный датчик ТСМУ-205Ех-Н. При необходимости ИРТ 5502 может быть соединен с исполнительным устройством, а именно с нагревателем или запорной арматурой. Данная схема имеет широкий диапазон использования в различных технологических процессах теплоэнергетической, химической промышленности и иных производствах.

К преимуществам данных устройств можно отнести высокую эффективность алгоритмов управления, надежность и стабильность в процессе эксплуатации.

Однако, как и любое другое устройство, оно обладает рядом недостатков и ограничений по использованию.

Перспективы развития электрических термопреобразователей обусловлены все нарастающим процессом автоматизации народного хозяйства. Автоматическое регулирование во многих системах осуществляется с помощью многоканальных интерфейсных модулей контроля температур. Это устройства, предназначенные для обработки первичных сигналов, полученных от электрических термопреобразователей. Контроллер может регулировать температуру по всем известным методам: дискретное регулирование (ВКЛ/ВЫКЛ); пропорциональное, пропорционально-интегральное, пропорционально-дифференциальное и пропорционально-интегрально-дифференциальное регулирование. Контроллеры могут быть укомплектованы двумя управляющими выходами, что позволяет осуществлять высококачественный контроль температуры, управляя не только нагревательным или охлаждающим элементом по отдельности, но и одновременно нагревателем (по одному выходу) и охлаждающим элементом (по второму выходу). Такие контроллеры поддерживают переход из автоматического регулирования в ручное, что дает возможность посмотреть, как ведет себя регулируемая система при определенном проценте использования управляющего выхода.

Итак, термоэлектрические преобразователи широко используются в современных системах автоматического управления в силу своей надёжности, точности и простоты использования, а также наличием большой перспективы в применении.

Литература

1. Бернштейн А.С. Термоэлектричество. М.: Госэнергоиздат, 1957. 58 с.

2. ГОСТ 6616-94. Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. 12 с.

3. Электрические измерения неэлектрических величин: учеб. пособие для вузов / А.М. Туричин [и др.]; под ред. проф. д-ра техн. наук П.В. Новицкого. 5-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергия. 1975. 576 с.

4. Электрические измерения / под ред. А.В. Фремке, Е.М. Душин. 5-е изд. перераб. и доп. Л.: Энергия, 1980. 392 с.

5. ГОСТ Р 8.625-2006. Термометры сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2007. 23 с.

УДК 681.51

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ СМАРТ-КОНТРАКТОВ

Шайдуллин Т.Ф.[1], Сафин М.А.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань
[1]tima_shaidullin@mail.ru, [2]cmvorkut@mail.ru

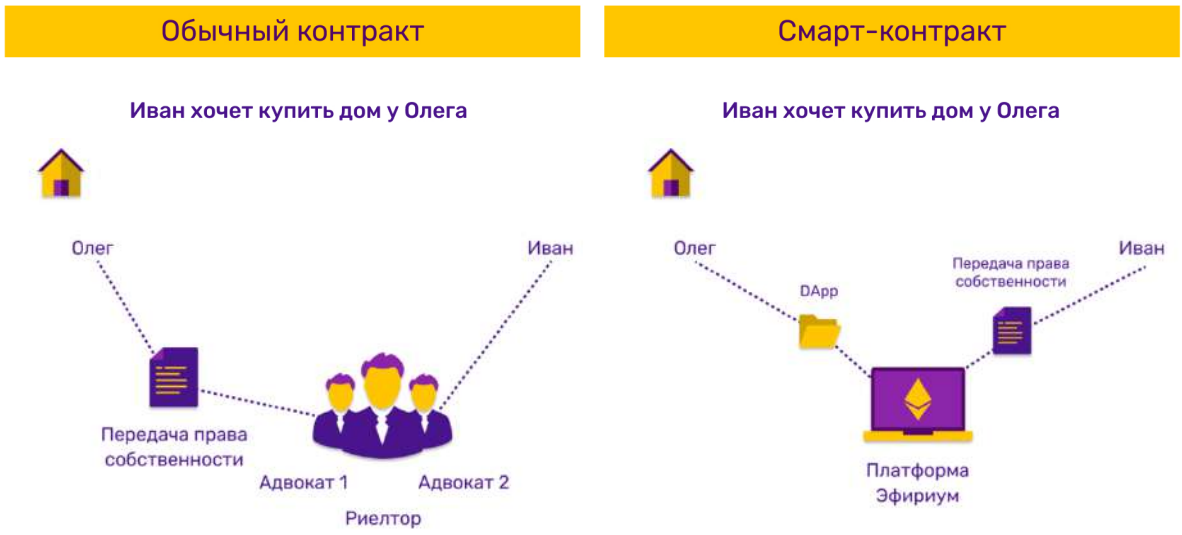
Выделены ключевые качества автоматизированных систем, благодаря которым смарт-контракты имеют столь высокие перспективы развития.

Ключевые слова: смарт-контракт, блокчейн, EOS, DAO.

В международной практике принято понимание смарт-контракта как автоматически срабатывающего правила, корректное исполнение которого обеспечивается технологией распределенного реестра. Идея «умного контракта» была описана еще в конце XX в., но практическое распространение получила только в 2010-е годы. Существующие сегодня «умные контракты» обладают такими ограничениями, как невозможность исправления и невозможность самостоятельного импорта информации в базу данных извне. Невозможность изменения правила смарт-контракта означает, что выявление ошибок в коде в процессе использования данного контракта приводит к отказу от его использования и созданию нового. Эта особенность стимулирует появление комплексных контрактов, однако сложность последних увеличивает риск ошибок в написании кода [1]. В настоящее время попытки преодоления данного ограничения предпринимаются в рамках блокчейна EOS (*Enterprise Operating System*), однако подавляющее большинство «умных контрактов» по-прежнему реализуется на платформе Ethereum и подвержено риску системных ошибок. Второе ограничение – невозможность обращения к внешней информации – означает, что контракту доступна только информация, уже помещенная ранее в распределенный реестр. Импорт необходимой для выполнения контракта информации в распределенный реестр может производиться в ручном режиме либо с использованием оракулов – инфраструктурных алгоритмов, импортирующих информацию в блокчейн с внешнего сервера, который направляет запрос к провайдеру необходимых данных [2].

Перспективы использования технологии смарт-контракт. Преимущества использования технологии заключаются в следующем: возможность исключения посредника из операции и сокращения издержек как временных, так и издержек асимметрии информации и иных транзакционных.

Перевод операций на технологию смарт-контрактов позволяет исключить посредника. В частности, как показано на рисунке, смарт-контракт потенциально может исключить риелтора.



Торговое соглашение с и без использования смарт-контрактов

Использование смарт-контрактов в различных сферах. В отдельных случаях вся деятельность организации может быть формализована в смарт-контрактах. Такой подход получил название децентрализованной автономной организации (*Decentralized Autonomous Organization*) [3].

Принятие решений в децентрализованных автономных организациях осуществляется в ходе автоматизированного процесса, реализованного в смарт-контрактах. Таким образом, компания при помощи децентрализованного голосования управляется коллективными решениями ее сотрудников – владельцев токенов.

Одним из примеров использования смарт-контрактов являлся проект DAO, который представлял собой «цифровую компанию», не привязанную к какому-либо юридическому лицу. Механизм управления был построен на логике исполнения смарт-контрактов с неизменяемым кодом.

Потенциал смарт-контрактов смарт-контрактов огромен. Несмотря на то, что текущие приложения этой технологии все еще используются в довольно небольшом масштабе, в дальнейшем же возможны чрезвычайно масштабные приложения. Смарт-контракты на самом фундаментальном уровне являются соглашениями. Например, бизнес на самом фундаментальном уровне – это просто набор соглашений, заключенных в прошлом, заключаемых в настоящее время и подлежащих заключению

в будущем. Продажи клиентам, согласования между сотрудниками, покупки у поставщиков и другие расходы потенциально могут быть автоматизированы на блокчейне с помощью интеллектуальных контрактов [4].

Последней формой автоматизации предприятий с помощью смарт-контрактов является создание полностью автоматизированных предприятий, которые являются примером DAO (распределенной автономной организации). Все процессы и бизнес-операции полностью автоматизированы, а сама организация работает без вмешательства человека. Сам фактический бизнес был бы просто набором «умных контрактов». Хотя DAO существуют сегодня, большинство из них очень малы и ограничены по объему. Для того чтобы DAO работала в больших масштабах, технология блокчейна должна была бы быть более интегрированной в общество, и должна была бы существовать более высокая степень автоматизации общества. Полностью автоматизированные правительства и общества – это то, что находится за пределами возможностей DAO. Автоматизированное правительство будет похоже на DAO, за исключением того, что в этом случае государственные службы автоматизированы по сравнению с бизнес-процессами.

Заключение. За последние пару лет технология смарт-контрактов вызвала много шумихи, но для разработки «умных» контрактов еще нужно много времени. Возможно, что смарт-контракты и блокчейн изменят способ, которым мы все делаем. Этот тип будущего может быть на горизонте, и в настоящее время смарт-контракт является инновационной концепцией, которая имеет много потенциальных применений.

Литература

1. «Что такое смарт-контракты простым языком» [Электронный ресурс] // Prostocoin: информ. портал. URL: https://prostocoin.com/blog/smart-contract (дата обращения: 01.03.2020).

2. Осмоловская А.С. Смарт-контракты: функции и применение // Бизнес-образование в экономике знаний. 2018. № 2 (10). С. 54–56.

3. RosicA. Smart Contracts: The Blockchain Technology That Will Replace Lawyers [Электронный ресурс] // Blockgeeks: информ. портал. URL: https://blockgeeks.com/guides/smart-contracts/ (дата обращения: 01.03.2020).

4. Аналитический обзор по теме «Смарт-контракты» [Электронный ресурс] // Банк России. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/47862/SmartKontrakt_18-10.pdf (дата обращения: 01.03.2020).

УДК 681.5:63

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛИЦЕЙ ПРИ РЕЗКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

Шайхутдинова А.Р.[1], Сафин М.А.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]alinashay96@gmail.com, [2]cmvorkut@mail.ru

Рассказывается о защите теплицы от погодных условий путем совершенствования автоматической системы управления.

Ключевые слова: теплица, автоматическая система управления, механизм, погодные условия, защита, ткань парусина.

Говоря о защите автоматической системы управления технологическим процессом теплицы, понимается защита самой теплицы от воздействия погодных условий, в частности града. Из-за непредвиденных погодных условий может пострадать урожайность и постройки теплицы [1, 2]. Были случаи, когда из-за погодных условий пострадали теплицы. Во избежание таких случаев предлагается использовать механизм, который позволит защитить верхнюю и боковые части теплицы от града и других погодных условий.

Этот механизм реализуется через рельсовые ролики и ткань парусина. Он устанавливается на верхней части теплиц (на крыше). На рельсы устанавливаются ролики, которые приводятся в движение электродвигателями и тем самым закрывают поверхность парусиной. На схеме (рис. 1) представлен механизм, который выполняет закрытие поверхности теплицы.

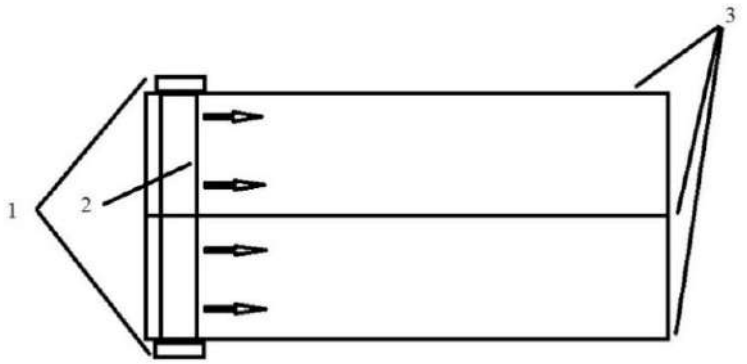
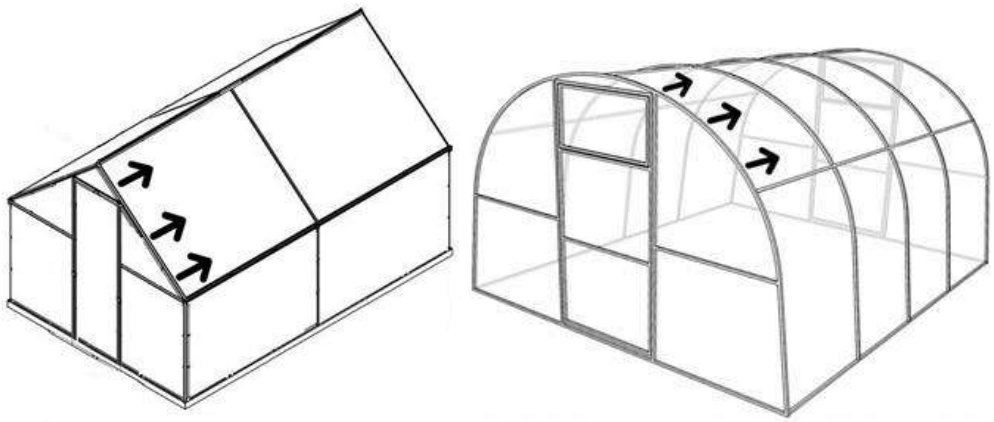


Рис. 1. Вид теплицы сверху: *1* – ролики; *2* – ткань парусина; *3* – рельсы

Парусин – очень прочная и тяжелая ткань из натуральной пряжи с очень высокой плотностью. Она отлично выдерживает сильные удары, устойчива к скачкам температуры. Это позволит защитить теплицу от ветра и града. Ткань парусина одна из износостойких тканей, что практически исключает возможность механических повреждений и преждевременного истирания материала. Она отличается высоким уровнем гигроскопичности и огнестойкости, защищает от воды и вместе с тем способна ее впитывать.

Недостатком можно назвать ее плотность, что обусловлено большим весом.

Известно, что теплицы бывают разных форм. По форме теплицы могут иметь одно- или двускатную крышу и вертикальные стенки, быть арочными, арочными с вертикальными стенками (рис. 2) [3]. В крупных производствах в большинстве случаев используются арочные и двухскатные теплицы [4].



а *б*

Рис. 2. Вид теплицы: *а* – двускатная; *б* – арочная

Для разных форм теплиц можно будет использовать различные виды механизмов. Скорость закрытия зависит от размеров теплицы.

Работа механизмов закрывания должна приводится в движение в результате управляющего воздействия автоматической системы управления, в которой отслеживается информация о прогнозе погоды. Автоматическая система управления, выдающая сигнал управления механизму, осуществляет защиту теплицы от разрушения. Погода будет отслеживаться через датчики ветра, которые устанавливаются на расстоянии 100 м от теплицы по всему периметру (рис. 3).

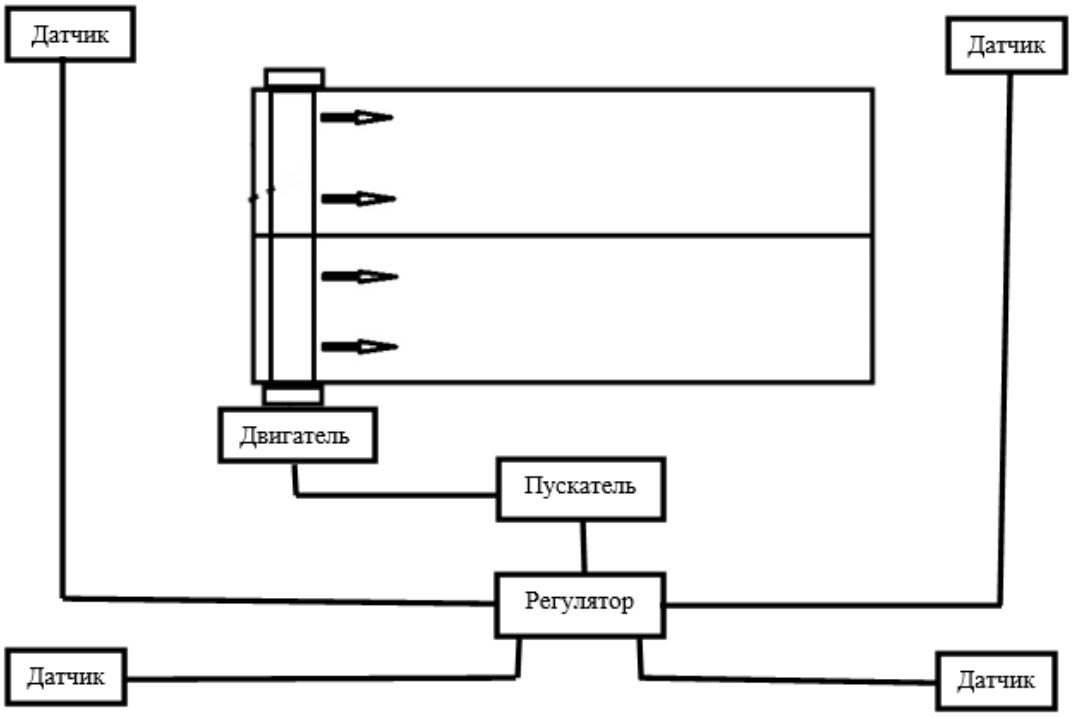


Рис. 3. Структурная схема механизма

Эта система позволит не только защитить теплицу от разрушения, но и позволит повысить продуктивность тепличного бизнеса [5]. Частные хозяйства, которые будут использовать подобные системы защиты, будут иметь меньше рисков и смогут эффективнее расширять своё хозяйство. Что, в свою очередь, приведёт к росту внутреннего валового продукта страны.

Литература

1. Greenhouse Design and Control / Pedro Ponce [et al.]. London: Taylor & Francis Group, 2015. 378 p.

2. Кондратьева О.В., Спиньков О.В. Березенко Н.В. Тепличные новинки // АгроБизнес. 2016. № 2. С. 32–34.

3. Слинько О.В., Кондратьева О.В., Федоров А.Д. Тенденции развития овощной продукции в защищенном грунте // Эффективное растениеводство. 2019. № 3. С. 62–65.

4. Федоров А.Д., Кондратьева О.В., Спиньков О.В. Состояние и перспективы цифровизации сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. 2018. № 9. С. 43–48.

5. Алексашкина О.В. Перспективы развития тепличного бизнеса в России // Вестник сельского развития и социальной политики. 2016. № 4 (12). С. 54–57.

УДК 621.311.04

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО МОДУЛЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ RFID

Шамсиев Р.Р.[1], Яшагин С.Д.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань
rais.schamsiew@yandex.ru, phend38@gmail.com
Науч. рук. Богданов А.Н.

Выделены ключевые показатели качества радиочастотной идентификации. Представлена 3D-модель разрабатываемого экспериментального стенда в форме куба объемом 1 м^3, в пределах которого перемещается тестируемый RFID- считыватель и ключ-карта, а также программное обеспечение, которое анализирует полученные данные.

Ключевые слова: RFID-считыватель, показатели качества, экспериментальный стенд.

Тенденция развития технологии радиочастотной идентификации (*Radio Frequency IDentification* – RFID) с каждым годом набирает все больше оборотов. Внедрение данной технологии в различные сферы производства давно доказало свою эффективность. С помощью нее автоматизируют производственные процессы, проводят инвентаризацию, отслеживают логистическую цепь поставок, контролируют подлинность объектов и управляют бизнес-процессами в ритейле [1].

Увидеть применение технологии RFID можно и в обыденной жизни. Например, транспортные карты, которые прикладываются для оплаты проезда. Маркировка различной продукции для предотвращения её хищения, а также множество других сфер [2].

В молодежном инновационном центре при КГЭУ разрабатывается электронный модуль, который позволяет разблокировать дверь в помещение на расстоянии до 1 м без прикладывания ключа к считывающему устройству. Однако устройств, которые позволили бы проверить качество RFID-считывателей, – нет. В связи с этим было принято решение разработать экспериментальный стенд для тестирования устройств радиочастотной идентификации. Стенд разрабатывается в форме куба объемом 1 м^3, внутри которого будет перемещаться тестируемое RFID- устройство и его ключ-карта (рис. 1).

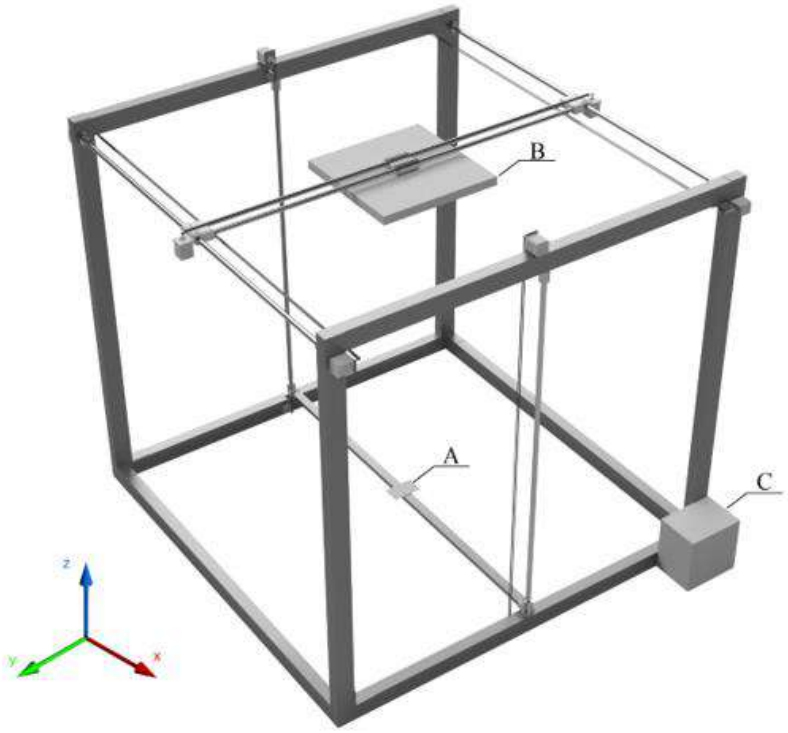


Рис.1. 3D-модель экспериментального стенда: *A* и *B* – места расположения карты и считывателя; *C* – блок управления

Считыватель перемещается вдоль осей *X* и *Y*, а ключ-карта – вдоль оси *Z*. В результате полученные с RFID-устройства данные будут записываться на карту памяти, которая находится в блоке управления. По завершению работы экспериментального стенда, записанные данные переносятся на компьютер, где благодаря разработанному программному обеспечению (ПО) будет производиться их анализ. Таким образом, будет получена информация об успешном или неудачном считывании ключ-карты на каждой координате, что позволит вывести процент качества считывания тестируемого RFID-устройства.

На данный момент был проведен ряд исследований, с помощью которых были выделены, описаны и обоснованы выборы четырех показателей качества считывания радиочастотной идентификации: скорость и дальность считывания, подверженность помехам и диапазон работы. Также был согласован пятый показатель – частота срабатывания, который позволяет определить и проверить оптимальный диапазон и форму поля считывания.

Исследование факторов, влияющих на качество считывания ключ-карты, показали, что наибольшее влияние на качество считывания оказывают: материал и форма антенн считывателя и ключ-карты, тип антенны, погодные условия, материал самой карты.

Аналитическое исследование существующих методик позволило получить алгоритмы расчёта скорости и расстояния считывания радиочастотной идентификации, а также формулы, по которым данные характеристики рассчитываются.

В результате разработан проект конструкции экспериментального стенда. Выявлены его комплектующие, построена структурная и электрическая схемы. Разработана 3D-модель и собран каркас экспериментального стенда, который представлен на рис. 2.

Рис. 2. Каркас экспериментального стенда

На данный момент ведётся разработка электронной платы и ПО для экспериментального стенда.

Литература

1. Бхуптани М., Морадпур Ш. RFID-технологии на службе вашего бизнеса / пер. с англ. М.: Альпина Паблишер, 2017. 281 с.

2. Финкенцеллер К. RFID-технологии. Справочное пособие / пер. Н.М. Сойунханов; ред. Д.А. Мовчан. М.: Додека XXI век, 2016. 490 с.

УДК 608.2

БЕСКОНТАКНЫЙ МОДУЛЬ HANDSFREE ДЛЯ ДОМОФОНА

Шамсиев Р.Р.[1], Яшагин С.Д.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань
[1]rais.schamsiew@yandex.ru, [2]phend38@gmail.com,
Науч. рук. Богданов А.Н.

Описан разрабатываемый бесконтактный модуль для домофона именуемый HandsFree, который позволит пользователю разблокировать входную дверь в подъезд на расстоянии до 1 м с помощью карты. Карта для разблокировки двери может находиться в любом кармане куртки или джинсов, пользователь просто подходит к двери, и она сама будет разблокирована, затем её только необходимо открыть. Данный модуль вводит новую «фишку (особенность)» в существующие домофонные системы, при этом не изменяя их стандартный функционал.

Ключевые слова: домофонная система, бесконтактный модуль, бесконтактный модуль для домофона, модуль HandsFree.

Бесконтактная передача информации очень популярна в наше время. На пример, мы используем её в WiFi-роутерах, смартфонах, бесконтактной оплате. Технология, которая используется в бесконтактной оплате банковскими картами или смартфонами, проездных картах транспорта основана на радиочастотной идентификации (RFID, от англ. *Radio Frequency Identification*).

Данная технология состоит из RFID-считывателя и RFID-метки. Принцип ее работы заключается в следующем: информация, хранимая в метке, определяется считывателем на расстоянии от 10 до 200 см (в некоторых вариантах расстояние может быть увеличено до 10 м, а то и больше, при использовании специального оборудования). Далее информация может быть передана на компьютер или микроконтроллер [1].

Данная технология широко применяется в системах контроля и управления доступом (СКУД-системы). Существует большой выбор СКУД-систем на рынке, но большинство из них обладают следующими недостатками:

1) считывание карты происходит на расстоянии до 10 см;

2) карта имеет дополнительный источник питания;

3) карта не считывается, когда находиться в кармане.

Мы разрабатываем модуль HandsFree (см. рисунок) для домофона, который позволяет разблокировать дверь в подъезд на расстоянии около 1 м, а карта при этом не имеет дополнительного питания и может оставаться в сумке, кармане брюк или куртки, при этом она также будет считываться.

Структурная схема первого прототипа модуля HandsFree

Обратите внимание на последний пункт, нет необходимости вытаскивать карту, она может оставаться в сумке, кармане брюк или куртки. Данная разработка в первую очередь рассчитана на пожилых людей и людей с ограниченными возможностями здоровья, чтобы облегчить им разблокировку двери. Впоследствии данная разработка может быть использована для всех СКУД. Подключается модуль всего двумя проводами к домофонной системе, а также использует её блок питания 12 В. Также особенностью модуля является то, что он не вносит изменений в базовые функции домофона.

Данный модуль состоит из RFID-считывателя и управляющей платы с запрограммированным микроконтроллером. Принцип работы схож с обыкновенной домофонной системой Метаком, карты жильцов записываются в память микроконтроллера предварительно, вследствие чего только они будут иметь доступ в подъезд.

В результате были разработаны два прототипа модуля для домофона HandsFree. Второй прототип отличался от первого:

1) изменилась частота RFID-считывателя с 866 МГц на 125 кГц, что позволило считывать карты вблизи тела человека;

2) появилась антенна для нового RFID-считывателя, что поспособствовало увеличению дальности считывания;

3) было доработано программное обеспечение микроконтроллера, добавлены функции хранения идентификационных номеров жителей домов.

Данный проект разрабатывается и поддерживается с участием Молодёжного Инновационного Центра «Энергия» при КГЭУ. Реализация данного проекта способствует большему внедрению современных цифровых технологий в наш быт и жилищно-коммунальное хозяйство. Также данный проект позволяет применить полученные во время учебы знания на практике в решении актуальной задачи и развить практические навыки в проектировании, монтаже и программировании автоматизированных систем в ЖКХ.

Литература

1. Ассоциация некоммерческих организаций по содействию развития товариществ собственников жилья и жилищно-строительных кооперативов [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: http://tsg-rf.ru/library/504 (дата обращения: 17.02.2020).

1. Бхуптани М., Морадпур Ш. RFID-технологии на службе вашего бизнеса / пер. с англ. М.: Альпина Паблишер, 2017. 281 с.

3. Генов К.М. Учебный модуль по теме «Применение технологии RFID в складской логистике». Екатеринбург, 2017. 55 с.

4. Лахири Сандип. RFID. Руководство по внедрению: практическое руководство от опытного ИТ-архитектора в области RFID: научитесь оценивать, планировать и развертывать RFID-системы / пер. с англ. А. Казаков.

М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2007. 298 с.

5. Финкенцеллер К. RFID-технологии. Справочное пособие / пер. Н.М. Сойунханов; ред. Д.А. Мовчан. М.: Додека XXI век, 2016. 490 с.

Секция 6. ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 05.13.18

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ С РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ

Бадретдинова Г.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nice.badretdinova@mail.ru
Науч. рук. Соловьева О.В.

Оценивается эффективность осаждения частиц при помощи предварительных фильтров. Проведено численное моделирование течения аэрозоля с различными комбинациями фильтров и предфильтров. По полученным данным можно сделать вывод, что предварительный фильтр в случае пяти и десяти пластин увеличивает предел эффективности осаждения для высокопористого ячеистого материала. Наиболее предпочтительным является предварительный фильтр с пятью изогнутыми пластинами по сравнению с десятью пластинами.

Ключевые слова: высокопористый ячеистый материал, эффективность осаждения, предфильтр, пористость.

На сегодняшний день поднимается проблема загрязнения промышленными производствами окружающей среды и вреда здоровью населения частыми вредными выбросами различных веществ, таких как угарный газ, ароматические углеводороды различных классов (канцерогенные, спирты, кетоны, эфиры, альдегиды и пр.). В последнее время, из-за высоких требований, предъявляемых в области экологии и безопасности окружающей среды, проявляется большой интерес к изучению фильтров и предфильтров [1–4].

Цель данной работы заключается в сравнении двух вариантов геометрии моделей предварительных фильтров. Предварительные фильтры представляют собой изогнутые пластины высотой 1 мм, длина которых составляет 1 см. Между пластинами отсутствует просветность. В первом случае количество пластин равно десяти, во втором пяти. Диаметр ячеек высокопористого материала составляет $d_c = 6$ мм, пористость среды $\varepsilon = 0{,}8$. Основным фильтром является высокопористый ячеистый материал, имеющий толщину, при которой эффективность осаждения частиц

в фильтре достигает своего максимума, и дальнейшее ее увеличение нецелесообразно. Таким образом, в работе произведена оценка работы системы фильтр – предфильтр. Численное моделирование было проведено в CFD пакете ANSYS Fluent (ver. 19).

При расчете течения газовзвеси в высокопористой среде был использован внутренний объем геометрии. Расчетная скорость потока равна 1 м/с, режим течения – турбулентный. На рис. 1 и 2 представлены зависимости эффективности осаждения частиц для различных моделей фильтров.

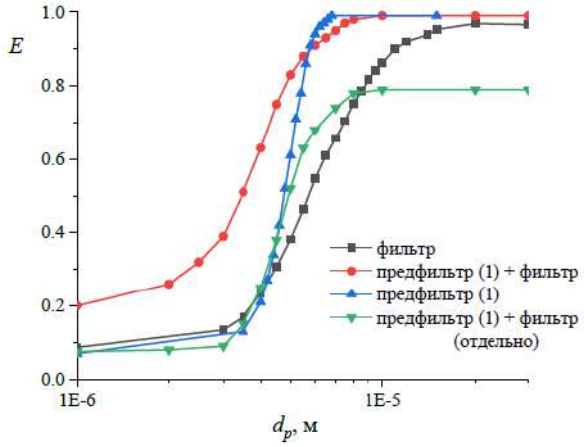


Рис. 1. Зависимость эффективности осаждения частиц для различных моделей фильтров: предфильтр *1* – предфильтр с 5-ю пластинами

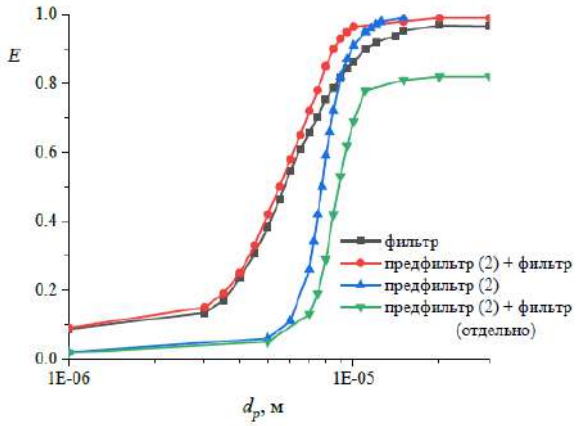


Рис. 2. Зависимость эффективности осаждения частиц для различных моделей фильтров: предфильтр *2* – предфильтр с 10-ю пластинами

По кривым эффективности осаждения можно сделать вывод, что предварительный фильтр увеличивает предельную эффективность осаждения фильтра.

Результаты численного моделирования показывают, что эффективность осаждения предварительного фильтра с пятью пластинами выше эффективности предварительного фильтра с десятью пластинами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-01188.

Литература

1. Solovev S.A., SolovevaO.V., Popkova O.S. Numerical simulation of the motion of aerosol particles in open cell foam materials // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2018. Vol. 92, Is. 3. Pp. 603–606.

2. Investigation of the influence of the open cell foam models geometry on hydrodynamic calculation / O.V. Soloveva [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 944, Is. 1. 6 p.

3. Влияние загрязнения пылеочистительного сепаратора мелкодисперсной пылью на энергетические затраты в ходе его эксплуатации / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 8. С. 33–37.

4. Улавливание частиц из дымовых газов прямоугольными сепараторами / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Иркутского технического университета. 2018. Т. 22, № 3 (134). С. 138–144.

УДК 05.13.18

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ ДЛЯ ДВУХ ТИПОВ ВОЛОКНА С РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ ВЫСТУПОВ

Бадретдинова Г.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nice.badretdinova@mail.ru
Науч. рук. Соловьева О.В.

Исследованы параметры, при которых наблюдается наибольшая эффективность осаждения частиц в волокнистом фильтре на примере единичного волокна различных геометрий и материалов. Рассмотрено явление седиментации частиц. Рассчитана эффективность осаждения частиц для единичного твердотельного и пористого волокна без выступа, с одним выступом и с пятью выступами.

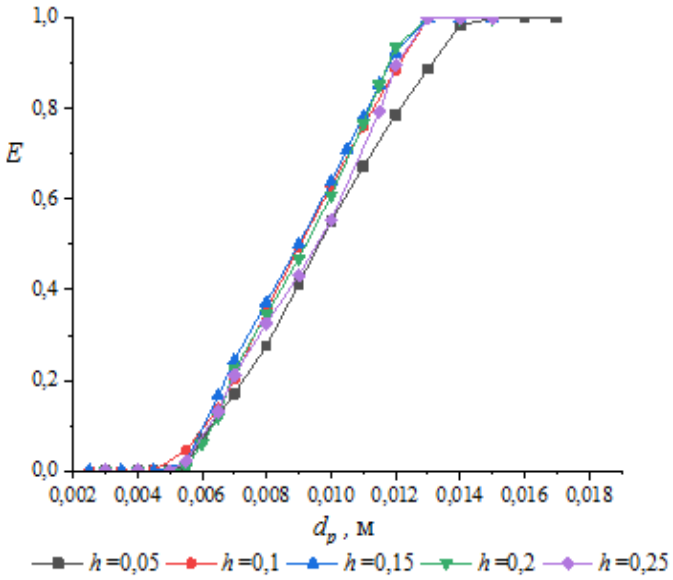
Ключевые слова: высокопористый ячеистый материал, эффективность осаждения, пористость.

В результате численного моделирования были построены линии тока и траектории осаждения частиц для твердотельного и пористого волокна. С целью увеличения эффективности осаждения частиц на волокне, было решено добавить выступы на волокнах и сравнить их. Для двух типов волокна были использованы выступы различной длины. Волокно, на котором находился один выступ, обозначалось как *h*, а волокно с пятью выступами – *s*. Размеры выступов принимались равными 0 мм; 0,05 мм; 0,1 мм; 0,15 мм; 0,2 мм; 0,25 мм, т. е. выступ *h* увеличивался до тех пор, пока не стал равен радиусу волокна. Численное моделирование линий тока и траекторий частиц было проведено с помощью программного пакета ANSYSFluent (v. 19), как и в работах [1–4].

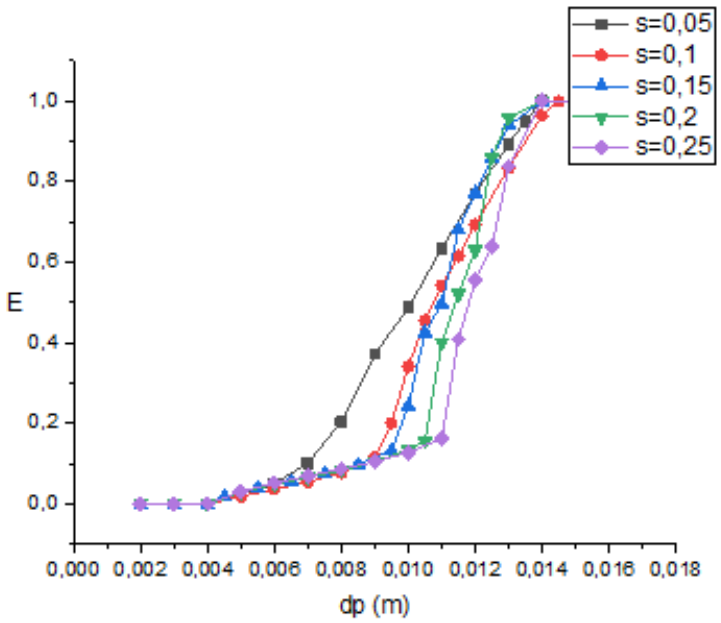
Результаты численного моделирования показывают, что пористое волокно улавливает частицы с большей эффективностью, чем твердотельное волокно.

Из рис. 1, *а* видно, что в случае твердотельного единичного волокна эффективность осаждения частиц увеличивается с добавлением на нем выступа, но, начиная от $h = 0{,}05$ мм, эффективность осаждения практически не изменяется и растет до значения выступа $h = 0{,}15$ мм. Далее эффективность начинает снижаться. Таким образом, наиболее высокую эффективность показывает волокно с выступом $h = 0{,}15$ мм.

На рис. 1, *б* показана зависимость эффективности осаждения частиц для твердотельного волокна *s* с пятью выступами. С ростом выступа *s* эффективность осаждения частиц снижается. Таким образом, наибольшая эффективность осаждения наблюдается для $s = 0{,}05$ мм, а наименьшая при $s = 0{,}25$ мм.



а



б

Рис. 1. Эффективность осаждения частиц на единичном твердотельном волокне для различных *h* (*а*) и *s* (*б*)

В результате было выявлено, что самую высокую эффективность осаждения частиц имеет пористое волокно *s*, имеющее пять выступов длиной 0,25 мм.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-01188.

Литература

1. Solovev S.A., SolovevaO.V., Popkova O.S. Numerical simulation of the motion of aerosol particles in open cell foam materials // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2018. Vol. 92, Is. 3. Pp. 603–606.

2. Investigation of the influence of the open cell foam models geometry on hydrodynamic calculation / O.V. Soloveva [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 944, Is. 1. 6 p.

3. Влияние загрязнения пылеочистительного сепаратора мелкодисперсной пылью на энергетические затраты в ходе его эксплуатации / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 8. С. 33–37.

4. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. Т. 10, № 1 (37). С. 74–81.

УДК 66.066.3

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ВСТАВОК В ОТСТОЙНИКЕ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Галимова А.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
galimovaar00@mail.ru
Науч. рук. Дмитриева О.С.

Рассмотрена проблема повышения эффективности разделения водонефтяных эмульсий на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях. Предложены различные виды вставок для отстойников с целью интенсификации разделения водонефтяной эмульсии на составляющие компоненты. В работе показано, что применение различных вставок в отстойнике позволило увеличить скорость и эффективность разделения водонефтяных эмульсий при увеличении концентрации нефти в исходной смеси с 15 до 25 %. Скорость разделения водонефтяной эмульсии при использовании вставок из высокопористого ячеистого материала и перегородок относительно отстойника без вставок увеличивалась в среднем на 10,9 и 14,5 %, соответственно.

Ключевые слова: водонефтяная эмульсия, нефть, отстойник, вставка, сепарация, сепарационный элемент.

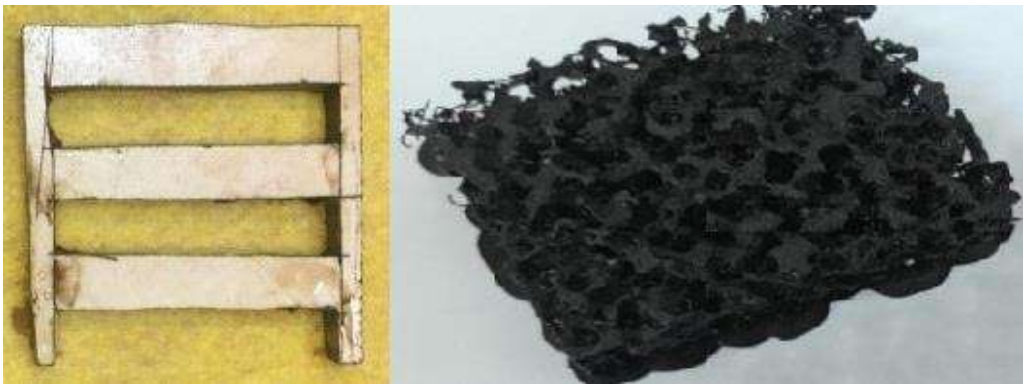
На сегодняшний день, очистка сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий от нефтепродуктов является одной из трудно решаемых экологических и технологических проблем [1].

Сточными водами принято называть пресные воды, изменившие вследствие хозяйственно-бытовой и промышленной деятельности человека свои физико-химические и биохимические свойства.

Стремительное ухудшение экологической обстановки, истощение природных ресурсов Земли требуют повышения эффективности работы всех звеньев народного хозяйства. Решение этой проблемы возможно только путём внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий на всех уровнях производственных процессов.

В ряду факторов, угрожающих экологической безопасности, существенное место занимают нефть и нефтепродукты. Наиболее распространёнными и в то же время трудноудаляемыми загрязнениями являются тонкодисперсные взвеси, представляющие собой компоненты нефти размером менее 100 мкм, образующие с водой устойчивые эмульсии, не расслаивающиеся в течение длительного времени [2–4].

Одними из наиболее распространенных аппаратов для разделения водонефтяных эмульсий являются отстойники. Повышение эффективности их работы является актуальной задачей. Использование различных вставок в отстойниках повышает эффективность их работы. Поэтому целью работы является исследование различных видов вставок для отстойников (см. рисунок): перегородки (*слева*) и пористые (*справа*).



Различные сепарационные элементы для отстойника

Показано, что применение различных вставок в отстойнике позволило увеличить скорость и эффективность разделения водонефтяных эмульсий при увеличении концентрации нефти в исходной смеси с 15 до 25 %. Скорость разделения водонефтяной эмульсии при использовании вставок из высокопористого ячеистого материала и перегородок относительно отстойника без вставок увеличивалась в среднем на 10,9 и 14,5 %, соответственно.

Работы выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК- 616.2020.8.

Литература

1. Тронов В.П. Разрушение эмульсий при добыче нефти. М.: Недра, 1974. 272 с.

2. Удаление влаги из загрязненного трансформаторного масла в прямоугольных сепараторах / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21, № 11. С. 75–79.

3. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. Т. 10, № 1 (37). С. 74–81.

4. Моделирование процесса разделения водонефтяной эмульсии в прямоугольном сепараторе / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. № 3 (39). С. 65–71.

УДК 532.542

НЕСТАЦИОНАРНЫЙ ТЕПЛООБМЕН В НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ ТРУБОПРОВОДА

Гареев Н.Ф.[1], Гайнуллин Р.Н.[2]
[1]ФБГОУ ВО«КГЭУ», г. Казань
[2]ФБГОУ ВО«КНИТУ-КХТИ», г. Казань
nazir-turk@mail.ru, gainullin@kstu.ru
Науч. рук. Гильфанов К.Х

Представлены результаты исследования теплоотдачи в коротком цилиндрическом канале. Определены гидродинамические и тепловые характеристики нестационарного высокотемпературного газового потока. Анализ выполнен на основе теории пограничного слоя.

Ключевые слова: цилиндрический короткий канал, начальный участок, высокотемпературный газ, нестационарность.

Эффективность и ресурс использования энергетического оборудования во многом обусловлено интенсивностью протекающих в них гидромеханических и тепломассообменных процессов. Распространенным способом управления интенсивностью является создание нестационарных гидродинамических и тепловых условий. Нестационарные режимы также реализуются в тепловых двигателях, в проточных частях насосов и компрессоров, пневмо- и гидроприводах исполнительных устройств систем управления. Нестационарные процессы относятся к сложным физическим явлениям, при которых возникают неустановившиеся течения жидкостей или газов с изменением гидродинамических и тепловых величин не только во времени, но и по пространству, занятому потоком [1–3]. Такие режимы характеризуются возникновением и затуханием вихревых течений и переменной турбулентностью [4–6].

Представлено исследование вынужденного конвективного теплообмена в цилиндрических каналах, моделирующих проточные части энергетических установок в нестационарных условиях при постоянном

массовом расходе газа. Экспериментальная установка представляет собой аэродинамическая труба разомкнутого типа, в которой течение газа создается за счет компрессорной установки, а в качестве нагревателя рабочего тела и создания условий нестационарности используется электродуговой плазмотрон.

Составные части экспериментального стенда представлены на рис. 1, который включает систему подачи газа, плазмотрон, форкамеру, системы электропитания, поджига дуги, управления установкой, опытный участок, систему регистрации и обработки информации.

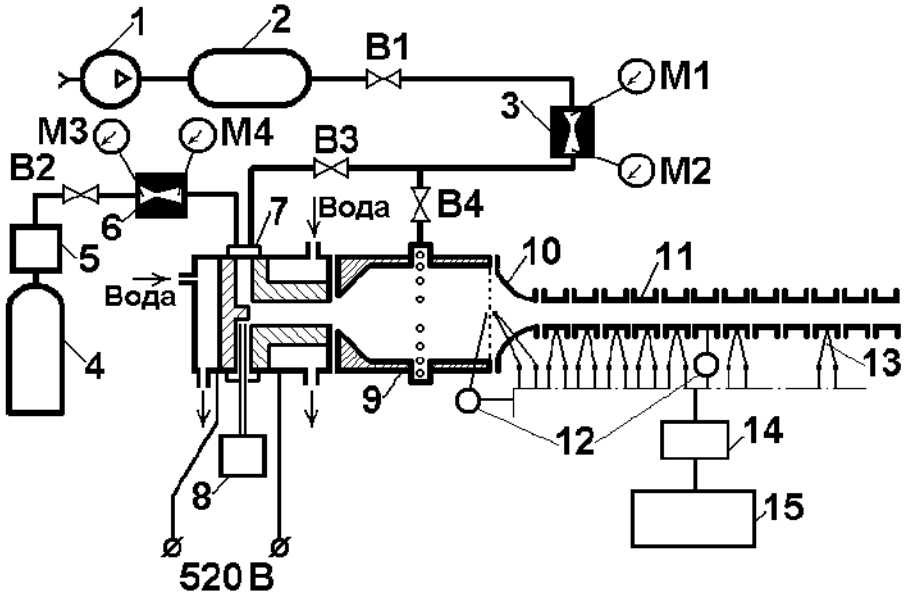


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: *1* – компрессор; *2* – ресивер; *3, 6* – расходомеры; *4* – баллон с аргоном; *5* – редуктор; *7* – плазмотрон; *8* – система поджига электрической дуги; *9* – форкамера; *10* – сопло; *11* – опытный участок; *12* – датчики давления; *13* – термопары; *14* – УВВ; *15* – персональный компьютер; М1–М2 – манометры; В1–В4 – вентили

Типичные температурные тренды при включении плазмотрона представлены на рис. 2.

Методика обработки экспериментальных результатов заключается в следующем. Тепловые потоки вычисляются по методу тонкой стенки ввиду малости критерия Bi << 1 (Числа Био), согласно тепловому балансу элементарной площадки стенки. Параметры пограничного слоя определяются согласно методике, изложенной в [4, 5].

На рис. 3 представлены временные теплофизические характеристики пограничного слоя при числе Рейнольдса по параметрам входа Re_{01} = 44000 для характерной для пограничного слоя продольной координаты X = 5,5:

T_w – температура стенки, К; St = $\dfrac{q_w}{\rho_0 w_0 (h_0^* - h_w)}$ – число Стантона («стандартные» значения числа Стантона St_0 вычисляются согласно [4] для стационарного изотермического обтекания гладкой пластины); q_w – плотность теплового потока, кВт/м^2; $\Psi_{z_h} = (St/St_0)_{Re_h^{**}=const}$ – относительный коэффициент теплоотдачи.

.

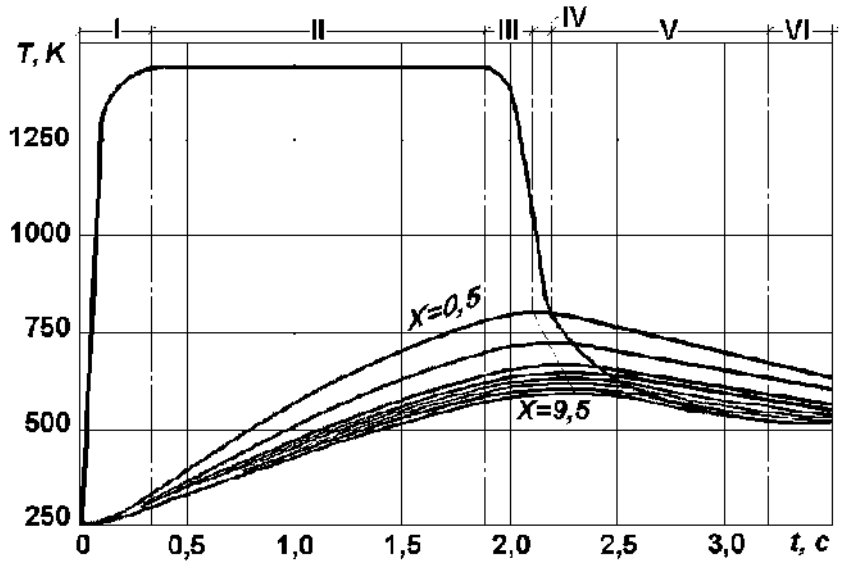


Рис. 2. Тренды температуры потока T_0 и обтекаемой поверхности T_W от времени и продольной координаты X

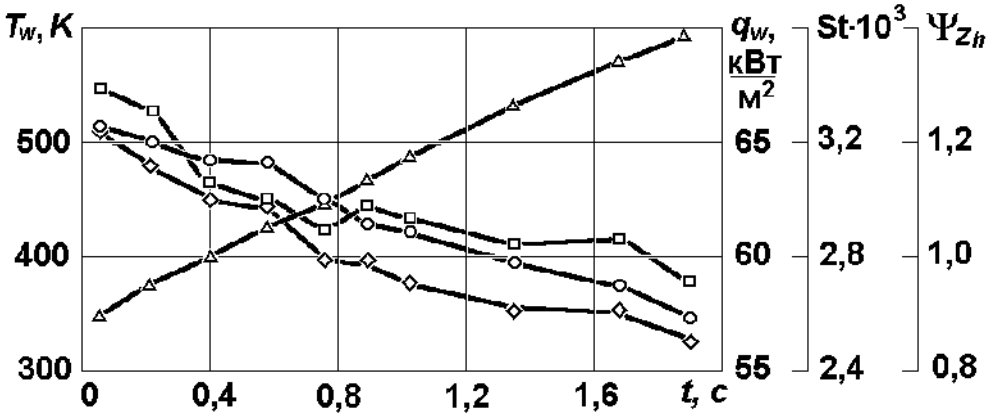


Рис. 3. Теплофизические характеристики пограничного слоя для продольной координаты X = 5,5: △ – T_w; □ – St; ○ – q_w; ◇ – Ψ_{z_h}

При повышении температуры – временной интервал *I–II* (см. рис. 2) – значения теплофизических параметров падают, стремясь к своим стационарным [5].

Литература

1. Amit G. Ranaware, Bhosale M.Y. A Study of Heat Transfer Enhancement using V Shaped Dimples on a Flat Plate with Experimentation & CFD // Global Research and Development Journal for Engineering. 2016. Vol. 1, Is. 4. Pp. 104–110.

2. Попов И.А., Гортышов Ю.Ф., Олимпиев В.В. Промышленное применение интенсификации теплообмена – современное состояние проблемы (обзор) // Теплоэнергетика. 2012. № 1. С. 3–17.

3. Boiling heat transfer of different liquids on microstructured surfaces / I.A. Popov [et al.] // Russian Aeronautics. 2014. Vol. 57, Is. 4. Pp. 395–401.

4. Кутателадзе С.С., Леонтьев А.И. Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое. М.: Энергоатомиздат, 1985. 320 с.

5. Амплитудно-фазовые частотные характеристики гидродинамических и тепловых параметров в коротком цилиндрическом канале / К.Х. Гильфанов [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2014. № 11-12. С. 81–88.

УДК 66-074.2

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СЕПАРАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ЗАПЫЛЕННЫХ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ

Гареева К.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
karinagareeva1997@yandex.ru
Науч. рук. Дмитриев А.В.

Исследована сепарация газового потока от мелкодисперсных частиц. Предложено устройство для интенсификации процессов сепарации мелкодисперсных частиц из газового потока. Получена эффективность работы устройства от влияния формы сепарационных элементов, скорости газового потока, а также размера и плотности частиц. Результаты показывают, что эффективность сепарации газового потока возрастает по мере увеличения плотности и диаметра частиц.

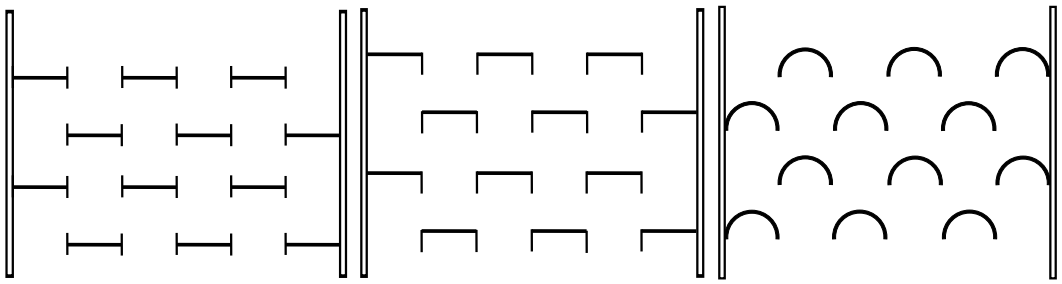
Ключевые слова: сепаратор, эффективность сепарации, мелкодисперсные частицы, интенсификация процессов.

На сегодняшний день интенсификация процессов сепарации мелкодисперсных частиц из газовых потоков является актуальной задачей для многих промышленных предприятий, использующих в своих системах очистки технологических газов от механических примесей сухие инерционные аппараты. Актуальность данной задачи повышается в виду следующих причин: увеличение предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе, нарушение которых влечет санкции и штрафы предприятиям и потеря ценного материала при его уносе в атмосферу, что приводит также к финансовым затратам.

Существуют различные аппараты сухой инерционной очистки газов, такие как пылеосадительные камеры, жалюзийные аппараты, циклоны и др., основными преимуществами которых являются простота конструкции, долговечность, ремонтопригодность и высокая эффективность сепарации частиц пыли размером до 10–50 мкм из газов. Однако недостатком данных аппаратов является низкая эффективность при сепарации мелкодисперсных частиц размером до 10 мкм из газовых потоков, вследствие чего, возникает необходимость в установке после них более эффективных аппаратов (рукавные фильтры, электрофильтры, аппараты мокрой очистки и др.). Но многие промышленные предприятия не имеют возможности использовать данные аппараты из-за высокой стоимости, сложного обслуживания, требований к физико-химическим свойствам примесей, содержащихся в газовом потоке, поэтому интенсификация процессов сепарации мелкодисперсных частиц из газовых потоков вызывает большой интерес к изучению, а также остается актуальной задачей.

Авторами работ [1–3] было разработано устройство, позволяющее производить сепарацию мелкодисперсных частиц из газовых потоков размером менее 10 мкм с эффективностью не ниже 50 %. Устройство представляет собой несколько рядов сепарационных элементов, которые заключаются в корпус прямоугольный формы (см. рисунок). Принцип работы устройства основан на действии центробежных сил на запыленный газовый поток при огибании им сепарационных элементов, расположенных в шахматном порядке. При движении между элементами поток закручивается, вследствие чего возникают центробежные силы, которые выбивают частицы пыли из структуры потока. Для интенсификации процессов сепарации мелкодисперсных частиц из газовых потоков предлагается использовать данное устройство в качестве второй ступени очистки газа, например после циклона. Таким образом, технологическая очистительная линия газов от механических примесей

на предприятиях будет выглядеть следующем образом: на первой ступени осуществляется сепарация частиц пыли размером более 10 мкм из газа в сухих инерционных аппаратах, после чего газ поступает на вторую ступень, где проводится процесс сепарации частиц пыли размером менее 10 мкм из газа.



Упрощенные двухмерные модели устройства для сепарации мелкодисперсных частиц из газовых потоков с различной формой сепарационных элементов (вид сверху): *1* – двутавровые; *2* – П–образные; *3* – дугообразные

В работе исследовались следующие формы сепарационных элементов: двутавровые, П-образные и дугообразные (см. рисунок). На входе в устройство задавалась скорость газового потока W от 5 до 8 м/с, давление окружающей среды – 101 325 Па, постоянные параметры: число рядов элементов – 4; число частиц n, находящихся в газовом потоке – 1000, диаметр частиц a от 1 до 10 мкм, плотность частиц ρ_a от 1000 до 7000 кг/м^3, длина сепарационных элементов – 14 мм. Эффективность работы устройства определялась по следующей формуле:

$$E = 1 - \frac{n_k}{n}, \qquad (1)$$

где n_k – число мелкодисперсных частиц в газовом потоке после процесса сепарации во второй ступени очистки.

Результаты проведенных исследований показывают, что эффективность процесса сепарации частиц пыли повышается по мере увеличения входной скорости газового потока W, размера a и плотности ρ_a мелкодисперсных частиц. Наиболее эффективными сепарационными элементами являются двутавровые. Эффективность сепарации мелкодисперсных частиц из газового потока размером 1–10 мкм и плотностью $\rho = 1000$ кг / м^3 с двутавровыми элементами в среднем равна 82 при скорости газового потока $W = 5$ м / с.

Литература

1. Влияние загрязнения пылеочистительного сепаратора мелкодисперсной пылью на энергетические затраты в ходе его эксплуатации / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 8. С. 33–37.

2. Исследование изменения эффективности очистки газового потока от мелкодисперсных частиц прямоугольным сепаратором при разной степени забивки дугообразных элементов пылью / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 8. С. 42–46.

3. Исследование очистки газового потока от различных фракций пылевидных частиц сепаратором трапециевидной формы / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 10. С. 68–71.

УДК 66.074.2

УЛАВЛИВАНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ПЫЛИ ИЗ ЗАПЫЛЕННЫХ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Зинуров В.Э.[1], Петрова Т.С.[2], Антонов М.А.[3]

[1-3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

vadd_93@mail.ru

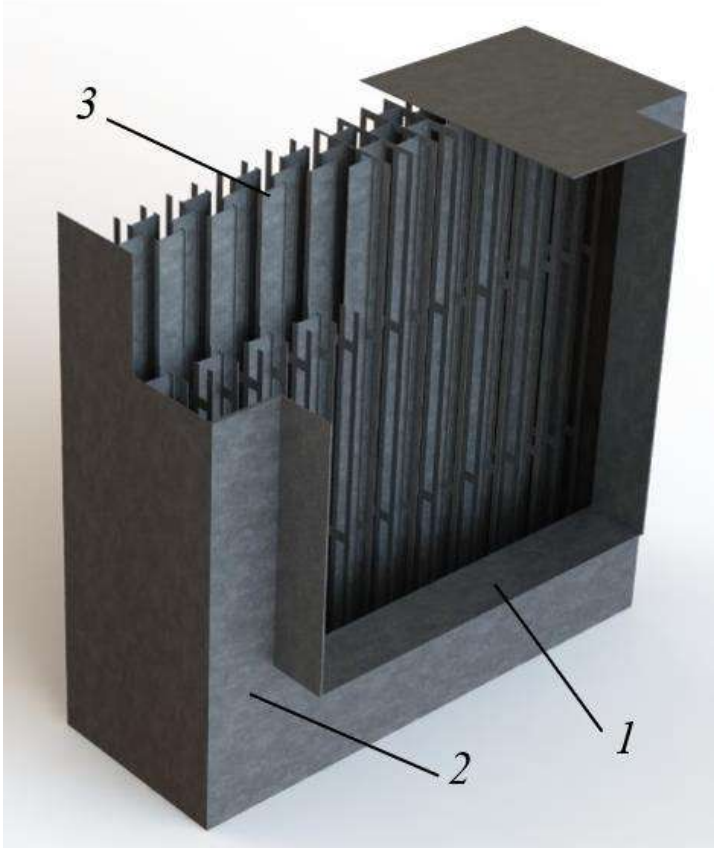
Науч. рук. Дмитриев А.В.

Рассмотрена проблема повышения эффективности улавливания мелкодисперсных частиц пыли из газовых потоков. Предложена конструкция прямоугольного сепаратора. Показано, что при скоростях газового потока до 10 м/с достигается максимальная эффективность улавливания мелкодисперсных частиц. Рассмотрены различные виды сепарационных элементов: двутавровые, дугообразные и П-образные.

Ключевые слова: прямоугольный сепаратор, сепарационные элементы, дугообразные элементы, двутавровые элементы, мелкодисперсная пыль, циклон, аэрозоль.

Важной задачей в сфере энергетического сектора является повышение эффективности улавливания мелкодисперсных частиц пыли из запыленных газовых потоков.

Авторами данной работы было разработано устройство [1–4], позволяющее производить сепарацию мелкодисперсных частиц из газовых потоков размером менее 10 мкм с эффективностью не ниже 50 %. При этом эффективность сепарации частиц размером более 10 мкм из газа составляет более 99 %. Устройство представляет собой несколько рядов сепарационных элементов, которые заключаются в корпус прямоугольный формы (см. рисунок).



Трехмерная модель сепаратора (вид в разрезе): *1* – входной патрубок; *2* – корпус устройства; *3* – двутавровые элементы

Следует отметить, что геометрическая форма корпуса может быть изменена на другую (круглую, квадратную, овальную и др.) в зависимости от формы воздуховода с сохранением показателей эффективности сепарации газа. Принцип работы устройства основан на действии центробежных сил на запыленный газовый поток при огибании им сепарационных элементов, расположенных в шахматном порядке. При движении между элементами поток закручивается, вследствие чего возникают центробежные силы, которые выбивают частицы пыли

из структуры потока: крупные частицы падают на дно устройства, мелкодисперсные частицы прилипают к поверхностям сепарационных элементов (прилипание осуществляется преимущественно за счет электростатических сил). При забивке устройства пылью оно разбирается и восстанавливается.

Для интенсификации процессов сепарации мелкодисперсных частиц из газовых потоков предлагается использовать данное устройство в качестве второй ступени очистки газа, например, после циклона. Таким образом, технологическая очистительная линия газов от механических примесей на предприятиях будет выглядеть следующем образом: на первой ступени осуществляется сепарация частиц пыли размером более 10 мкм из газа в сухих инерционных аппаратах, после чего газ поступает на вторую ступень, где проводится процесс сепарации частиц пыли размером менее 10 мкм из газа.

В докладе показано, что при использовании двутавровых элементов достигается максимальная эффективность улавливания мелкодисперсных частиц. Однако при использовании дугообразных элементов достигается наименьшее гидравлическое сопротивление устройства.

Работы выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-616.2020.8.

Литература

1. Исследование очистки газового потока от различных фракций пылевидных частиц сепаратором трапециевидной формы / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 10. С. 68–71.

2. Улавливание частиц из дымовых газов прямоугольными сепараторами / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Иркутского технического университета. 2018. Т. 22, № 3 (134). С. 138–144.

3. Влияние загрязнения пылеочистительного сепаратора мелкодисперсной пылью на энергетические затраты в ходе его эксплуатации / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 8. С. 33–37.

4. Улавливание частиц из дымовых газов прямоугольными сепараторами / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20, № 15. С. 78–80.

УДК 66.066.3

РАЗРАБОТКА СЕПАРАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЭС ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Зинуров В.Э.[1], Салеева А.А.[2], Бикташев И.А.[3]
[1-3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]nastyasaleeva2016@yandex.ru
Науч. рук. Попкова О.С.

Рассмотрена проблема очистки сточных вод ТЭС от нефтепродуктов. Описаны аппараты, использующиеся для разделения водонефтяной эмульсии. Предложены сепарационные элементы с гофрированной поверхностью для интенсификации процессов разделения водонефтяной эмульсии. Результаты исследований показали, что эффективность разделения нефти от воды составляет не менее 70 % при скорости движения жидкости 0,059 м/с.

Ключевые слова: нефтепродукты, эмульсия, сточные воды, сепарационные элементы, очистка, эффективность.

Удаление нефтепродуктов из сточных вод ТЭС является важной задачей в настоящее время. С течением времени образуются устойчивые водонефтяные эмульсии, поэтому быстрое и эффективное отделение нефти от воды является актуальной задачей. В настоящее время наиболее распространенными аппаратами для решения данной проблемы являются отстойники. Перед многими исследователями стоит задача интенсификации разделения водонефтяных эмульсий в отстойниках.

Авторами данной работы были разработаны сепарационные элементы, для их вставки в отстойники, что позволит интенсифицировать процесс разделения водонефтяных эмульсий. Сепарационные элементы имеют гофрированную поверхность, которые расположены под углом 45° (рис. 1).

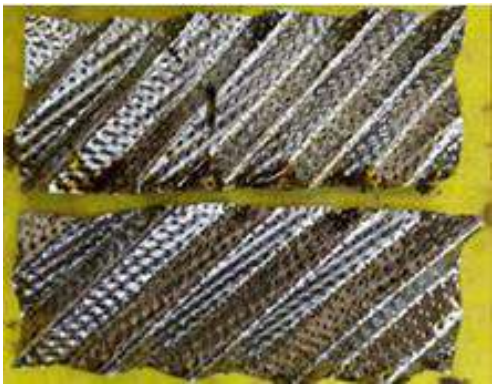


Рис. 1. 3D-модель трапециевидного сепарационного устройства

Экспериментальное исследование разделения водонефтяной эмульсии на составляющие компоненты проводилось следующим образом (рис. 2): смешение воды и нефти осуществлялось в емкости с мешалкой *5*, полученная водонефтяная эмульсия насосом *6* подавалась в горизонтальный отстойник *7*, после его заполнения до критического уровня открывались регулировочные клапаны *2*, через которые легкая и тяжелая фазы проходили через пробоотборники *3* и расходомеры *4* и далее две фазы попадали снова в емкость с мешалкой *5*. Определение концентраций легкой и тяжелой фаз на выходе из горизонтального отстойника производилось весовым методом – с периодичностью в 30 мин. Следует отметить, что после разделения водонефтяной эмульсии на составляющие, более легкая фаза – нефть, поступала в верхнюю часть линии пробоотборника *2*, тяжелая фаза – вода, поступала в нижнюю часть пробоотборника *2*.

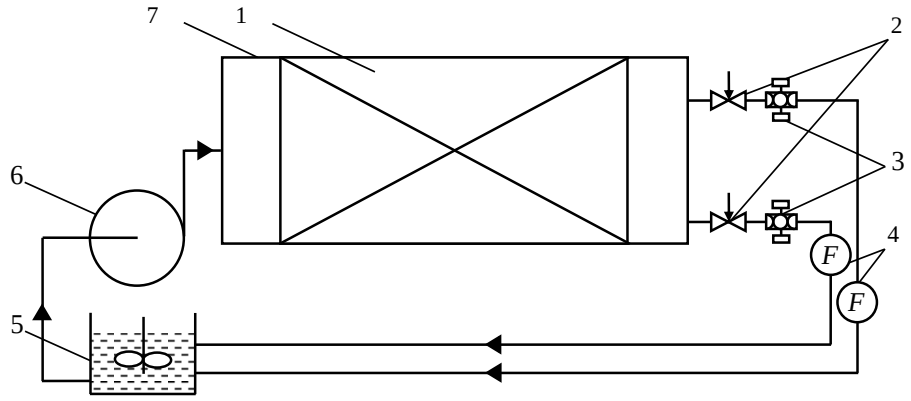


Рис. 2. Экспериментальная установка: *1* – экспериментальная вставка; *2* – регулировочные клапаны; *3* – пробоотборники; *4* – расходомеры LOUCHENZMFS300AG3/4; *5* – емкость с мешалкой; *6* – насос OASISCRP 15/9; *7* – экспериментальная установка

В докладе показано, что эффективность разделения нефти от воды составляет не менее 70 % при скорости движения жидкости 0,059 м/с.

Работы выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-616.2020.8.

Литература

1. Удаление влаги из загрязненного трансформаторного масла в прямоугольных сепараторах / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21, № 11. С. 75–79.

2. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. Т. 10, № 1 (37). С. 74–81.

3. Моделирование процесса разделения водонефтяной эмульсии в прямоугольном сепараторе / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. № 3 (39). С. 65–71.

УДК 66.074.2

УЛАВЛИВАНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЖИДКИХ ЧАСТИЦ В ГАЗОВЫХ ПОТОКАХ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ В ОЭЗ АЛАБУГА «KASTAMONU»

Зотов Р.П.[1], Кулай И.Г.[2], Гареева К.А.[3]
[1-3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
vadd_93@mail.ru
Науч. рук. Шарипов И.И.

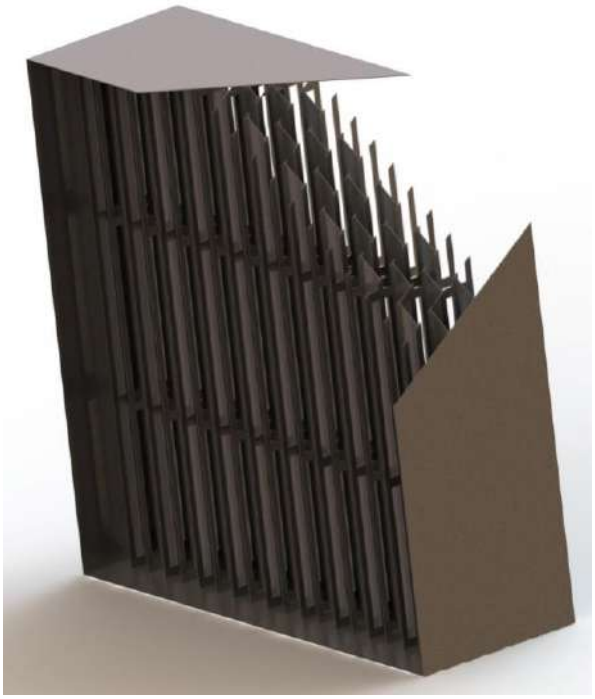
Рассмотрена проблема улавливания мелкодисперсных капель из газовых потоков. Данная проблема особенно актуальна для компании «KASTAMONU». Для решения поставленной проблемы предлагается использовать прямоугольный сепаратор, который позволит улавливать мелкодисперсные частицы жидкости за счет центробежных сил.

Ключевые слова: жидкие частицы, улавливание частиц, скруббер, мокрые аппараты, электростатический фильтр, циклон.

На многих производственных объектах помимо технологической линии возможна выработка энергии. Количество вырабатываемой энергии может покрывать, как собственные нужды, так и направлена в энергетическую систему городов и регионов. Например, компания «KASTAMONU», производящая изделия из дерева и являющаяся одним из пяти наиболее крупных инвесторов республики Татарстан, организовала на своей территории в ОЭЗ «Алабуга» энергоэффективное производство. Оно обеспечивает себя полностью электрической и тепловой энергией, а избытки продает системному оператору, который занимается покупкой и реализацией электрической энергии потребителям на территории региона. Однако при подаче паровоздушной смеси от пресса в котел происходит конденсация горючих компонентов (углеводородов), которые

приводят к нарушению режима функционирования энергетических систем. Как правило, конденсат состоит из большого количество жидких мелкодисперсных частиц размером до 10 мкм.

Эффективность используемых аппаратов на предприятии циклонных сепараторов не обеспечивает требуемую степень очистки, что приводит к выпаду конденсата на стенки газохода и его вытеканию из газохода через сварные швы. Данный конденсат является легко воспламеняющимся, что приводит к взрывоопасным ситуациям, как в энергетической системе, так и на всей территории производственного объекта «KASTAMONU». Внедрение других наиболее распространенных аппаратов – электростатических фильтров и мокрых аппаратов в данную технологическую линию невозможно. При использовании электрофильтров необходимо использовать дополнительные устройства, позволяющие создавать необходимую напряженность электрического поля, что не применимо к жидким мелкодисперсным частицам. Вследствие того, что газоход проходит по определенной высоте использование мокрых аппаратов и различных их модификаций не представляется возможным, так как данные аппараты являются достаточно громоздкими и установить их на весу невозможно. Поэтому поиск технического решения проблемы повышения эффективности улавливания жидких мелкодисперсных частиц является актуальной. Решением данной проблемы может послушать компактный сепаратор (см. рисунок).



Трехмерная модель прямоугольного сепаратора

Принцип действия прямоугольного сепаратора заключается в следующем: при огибании газом двутавровые элементы возникают центробежные силы, отбрасывающие мелкодисперсные частицы жидкости к поверхностям двутавров, на которые капли оседают и постепенно стекают в бункер [1–3].

Показано, что эффективность улавливания мелкодисперсных капель жидкости составляет не менее 50 %. Потери давления в разработанном устройстве составляют не более 1000 Па. Главными достоинствами прямоугольного сепаратора являются высокая эффективность, простота в использовании и ремонтопригодность.

Литература

1. Улавливание частиц из дымовых газов прямоугольными сепараторами / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Иркутского технического университета. 2018. Т. 22, № 3 (134). С. 138–144.

2. Исследование очистки газового потока от различных фракций пылевидных частиц сепаратором трапециевидной формы / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 10. С. 68–71.

3. Оценка энергетических затрат на улавливание мелкодисперсных частиц в сепараторе с дугообразными элементами / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23, № 2. С. 82–85.

УДК 66.066.3

АНАЛИЗ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА КАПЛИ ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ ПОТОКЕ ЭМУЛЬСИИ

Имамиева З.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Науч. рук. Дмитриев А.В.

Предлагается использовать разработанный ранее прямоугольный сепаратор для разделения нефтяных эмульсий. В данной работе описана сила Мангуса и центробежная сила, которые в данный момент являются сопоставимыми. Значение числа Рейнольдса *Re* зависит от соотношения плотностей, вязкостей сред и поверхностного натяжения. Также представлены различные подходы для разделения эмульсий.

Ключевые слова: сила Мангуса, центробежная сила, капля.

Отдельной проблемой при очистке сточных вод является проблема разделения устойчивых эмульсий. Существует очень много процессов ля очистки сточных вод. В настоящее время для разделения эмульсий существует два разных подхода: реагентный (применение деэмульгатора) и безреагентный (аппаратный). Устройства для разложения эмульсий могут использовать гравитационную силу (отстойники), центробежную силу (гидроциклоны и промышленные центрифуги), капиллярные силы (коалесцирующие фильтры), а также мембранные явления. В дополнение к задаче разделения воды и нефти в нефтепереработке эти методы могут использоваться в различных химических технологиях и решать некоторые медицинские и внутренние проблемы. Было рассмотрено влияние центробежной силы. Разделение гетерогенных систем осуществляется под действием различных сил. Действующая сила определяет конструкцию аппарата и область его применения. Разделение в гидроциклоне, в основном, происходит под действием центробежных сил.

Во многих отраслях промышленности успешно применяются гидроциклоны, они показывают хорошие результаты. Их достоинством являются небольшие размеры, эффективность работы, несложная конструкция и возможность объединения аппаратов в один большой комплекс. Но в таком устройстве, простом в дизайне, имеет место сложный гидродинамический процесс. Под действием центробежных сил существует также разделение в центрифугах и сепараторах, но они сильно отличаются по конструкции от гидроциклонов, например, в том, что последние не имеют движущихся частей. Также необходимо различать циклоны и гидроциклоны. Циклоны используются для улавливания пыли и очистки газов, а гидроциклоны используются для очистки суспензий. Гидроциклоны предназначены для классификации и обогащения в водной среде тонкоизмельченных материалов по их размеру, для концентрации продуктов обогащения.

Разделение гетерогенных систем осуществляется под влиянием различных сил. Действующая сила определяет конструкцию аппарата и область его применения. Разделение в гидроциклоне, в основном, происходит под действием центробежных сил.

Для большинства технологических процессов необходимо разделение дисперсных систем. В зависимости от типа дисперсной системы можно использовать следующие методы: отстаивание, фильтрование, центрифугирование, термическое воздействие, электрическое воздействие, внутритрубная деэмульсация, воздействие магнитного поля.

Подвешенные частички околовоздействием силы тяжести садятся в низ, в случае если насыщенность дисперсной фазы побольше плотности дисперсионной среды.

Авторами данной статьи предлагается использовать разработанный ранее прямоугольный сепаратор для разделения нефтяных эмульсий. Прямоугольный сепаратор имеет простую и компактную конструкцию, состоящую из нескольких рядов П-образных элементов, собранных в прямоугольный корпус. С двух параллельных сторон устройства имеются входной и выходной патрубки, предназначенных для ввода отработанного загрязненного масла и вывода загрязнителей из сепаратора соответственно. В среднем ряду П-образных элементов в дне сепаратора проделаны два отверстия, служащие для выведения очищенного трансформаторного масла из аппарата. Данный сепаратор эффективно разделяет эмульсии при относительно высоких скоростях на входе в аппарат от 1 до 2 м/с. Принцип работы прямоугольного сепаратора заключается в следующем: при движении водонефтяной эмульсии между двутавровыми элементами устройства возникает центробежная сила, которая способствует разделению потока жидкости на разные фракции в зависимости от их плотности. Сила, которая возникает между двутавровыми элементами устройства, направлена в обратную сторону от центра [1]. Проведя анализ сил, было сделано предположение, что это сила Мангуса:

$$F_L = 0{,}5\rho U^2 A^2 C_L,$$

где ρ – плотность жидкости; U – скорость относительно среды; $A = \pi r^2$ – площадь; $C_L = \omega r / U$ – коэффициент подъемной силы.

Проведенный анализ значений этой силы показал, что в предложенной конструкции она сопоставима с центробежной силой. Как показали результаты исследований, на коэффициент сопротивления оказывает сильное влияние вращения капель. Если циркуляция в каплях мала и деформация капель незначительна, то они под действием поверхностного натяжения имеют шарообразную форму и значения их коэффициента сопротивления совпадает со значениями, полученными для случая обтекания твердых сферических частиц. Нарушение сферичности капель, то есть их деформация, ведет к резкому увеличению значений коэффициента сопротивления. Значение числа Рейнольдса Re, при котором возникает деформация капель, зависит от соотношения плотностей, вязкостей сред и поверхностного натяжения [2].

Экспериментальные исследования показали, что через отверстия, выполненные в центрах вращения, отводится тяжелая фаза. Следовательно, на капли легкой фазы действует сила, направленная от центра.

Литература

1. Peter R.N. Childs. Rotating flow. 1st Ed. Butterworth-Heinemann, 2010. 416 p.

2. Харьков В.В., Овчинников А.А. Анализ сил, определяющих движение капель в закрученном газовом потоке // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 9. С. 106–109.

УДК 66.074.2

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СЕПАРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА С ДВУТАВРОВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗА ОТ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

Мубаракшина Р.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ruzilya.mubarakshina.01@mail.ru
Науч. рук. Попкова О.С.

Рассмотрена проблема повышения эффективности очистки запыленных газовых потоков от твердых частиц размером до 20 мкм на предприятиях агропромышленного сектора. Предложена конструкция сепарационного устройства с двутавровыми элементами. Описан принц действия устройства. В работе показано, что эффективность сепарационного устройства с двутавровыми элементами составляет не менее 70,5 % очистки газового потока от твердых частиц размером до 20 мкм плотностью 1000 кг/м^3.

Ключевые слова: циклон, сепаратор, сепарационное устройство, мелкодисперсная пыль, агропромышленный сектор, мелкодисперсные частицы.

Одной из наиболее важных задач в сфере агропромышленного комплекса является повышение эффективности очистных аппаратов на пищевых предприятиях. Выбросы в атмосферу вредных газов и пыли влияют на экологическое состояние окружающей среды [1].

На промышленных предприятиях зачастую устанавливают различные очистные аппараты, в частности, циклоны. Данные аппараты являются самым распространенным видом пылеулавливающего

оборудования. Это объясняется простотой их устройства, надежностью в эксплуатации при сравнительно небольших капитальных и эксплуатационных затратах. Циклоны с высокой эффективностью улавливают частицы пыли более 20 мкм, но они практически не способны очищать газовые потоки от твердых частиц менее 20 мкм. Поэтому разработка новых устройств для очистки запыленных газовых потоков от твердых частиц размером менее 20 мкм с высокой эффективностью является актуальной задачей. Целью работы является разработка конструкции сепарационного устройства для очистки газов от частиц размером менее 20 мкм.

Авторами была разработана конструкция сепарационного устройства, представляющая цилиндрический корпус, в котором были проделаны два канала для подвода запыленного газового потока и вывода очищенного газа от твердых частиц (см. рисунок). Принцип работы устройства можно описать следующим образом: запыленный газовый поток подавался через центральный патрубок в устройство. Далее он проходил по внутренней цилиндрической трубе, после чего изменял свое направление и двигался к выходному патрубку, который располагался сбоку устройства в его верхней части. По мере движения газового потока из внутренней цилиндрической трубы к выходному патрубку он проходил через несколько секций двутавровых элементов, где за счет обтекания газовым потоком двутавровых элементов возникали центробежные силы, которые смещали частицы в направлении твердых поверхностей [2–4]. Особенностью предлагаемого устройства является то, что крупные частицы осаждаются на дно, не контактируя со стенками устройства. Это позволяет снизить эрозионный износ твердых поверхностей.

Трехмерная модель сепарационного устройства с двутавровыми элементами

В докладе показано, что эффективность сепарационного устройства с двутавровыми элементами составляет не менее 70,5 % очистки газового потока от твердых частиц размером до 20 мкм плотностью 1000 кг/м^3.

Литература

1. Штокман Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности. М.: АСВ, 2001. 564 с.
2. Исследование очистки газового потока от различных фракций пылевидных частиц сепаратором трапециевидной формы / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 10. С. 68–71.
3. Улавливание частиц из дымовых газов прямоугольными сепараторами / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Иркутского технического университета. 2018. Т. 22, № 3 (134). С. 138–144.
4. Влияние загрязнения пылеочистительного сепаратора мелкодисперсной пылью на энергетические затраты в ходе его эксплуатации / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 8. С. 33–37.

UDC 66.066.3

IMPROVING THE EFFICIENCY OF A SUMP FOR TREATING WASTE WATER FROM PETROLEUM PRODUCTS AT OIL REFINERIES

Nguyen Vu Linh, Galimova A.R.
Hanoi University of Industry, Hanoi, Vietnam
Vulinhbk@gmail.com
Scientific advisor Popkova O.S.

The thesis deals with the problem of improving the efficiency of wastewater treatment from petroleum products at oil refineries and petrochemical enterprises. The paper shows that the use of inserts in the sump increases the rate of separation of oil from water. As a result of research, it was found that the performance of these devices is on average 90 %.

Keywords: waste water, oil, sump, insert, separation, separation element.

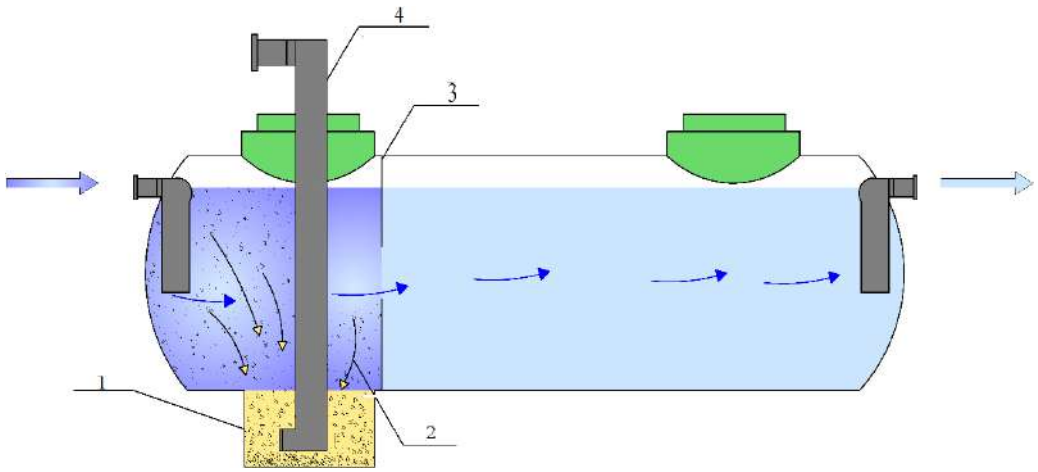
Today, a large number of oil-containing wastes and leaks are among the main environmental pollutants. The main task is to clean the waste water of oil refineries and petrochemical enterprises from oil products.

This problem is relevant for our country, because not all enterprises now implement modern solutions for wastewater treatment to the required requirements [1–3].

Waste water is called fresh water, which as a result of household and industrial activity of a person has changed its physical, chemical and biochemical properties. Waste water is a mixture where the proportion of water is 99 %, and the rest is oil components less than 100 microns in size.

Oil and petroleum products are the most difficult to remove components and form stable emulsions with water. The main share of petroleum products in polluted water is diesel fuel and lubricants. These components of petroleum products are contained in water in an emulsified or dissolved state. The process of cleaning water from oil helps to reuse the water resource for human life. High- quality cleaning of petroleum products will significantly reduce the overall level of environmental pollution [4].

Among the most common apparatus for the separation of oil from water are septic tanks (see figure). The utility model relates to the oil industry and can be used in oil refineries.The water treatment process consists of pumping waste water into the working chamber of the device, settling and releasing oil products and water [5].



Separation process of water-oil emulsion in settling tank: *1* – hopper for collecting sediment; *2* – precipitating petroleum products; *3* – water distribution partition; *4* – apparatus for removing sediment

The source water enters the sump through a special pipe, after which the process of precipitation of heavy oil occurs. After the emulsion has broken down, the purified water is sent through the outlet pipe. The oil sediment is sent through a apparatus for removing sedimentto be removed from the sump.

Various inserts and partitions are used to improve the performance of these devices. Their use significantly speeds up the process of separation of water -oil emulsions. As a result of research, it was found that the perfo-rmance of these devices is on average 90 %.

The proposed sump can work with large volumes of liquid, is easy to operate and reliable in operation. It is low-cost to use and does not have complex parts in its Assembly.

Sources

1.Tronov V.P. Destruction of emulsions during oil production. M.: Nedra, 1974. 272 p.

2. Efficiency of a rectangular separator depending on the design of elements inside the apparatus / A.V. Dmitriev [et al.] // Bulletin of the Kazan state energy University. 2018. Vol. 10, Is. 1 (37). Pp. 74–81.

3. Removing moisture from contaminated transformer oil in rectangular separators / V.E. Zinurov [et al.] // Bulletin of the Technological University. 2018. Vol. 21, Is. 11. Pp. 75–79.

4. Modelling of the process of separation of water-oil emulsion in a rectangular separator / A.V. Dmitriev [et al.] // Bulletin of the Kazan State Power Engineering University. 2018. Is. 3 (39). Pp. 65–71.

5. Removal of moisture from contaminated transformer oil in rectangular separators [Electronic resource] / A.V. Dmitriev [et al.] // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 110. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911001026 (date of application: 04.02.2020).

УДК 66.074.2

СЕДИМЕНТАЦИЯ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В ТРАПЕЦИЕВИДНОМ СЕПАРАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ С ДУГООБРАЗНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Петрова Т.С.[1], Галимуллин И.И.[2]

[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

tony-sh@mail.ru

Науч. рук. Шарипов И.И.

Рассмотрена проблема улавливания мелкодисперсных полидисперсных твердых частиц из газовых потоков на тепловых электрических станциях. Предложена конструкция трапециевидного сепарационного устройства с дугообразными элементами. Рассмотрено влияние скорости движения газового потока на эффективность улавливания частиц из газов.

Ключевые слова: седиментация частиц, пыль, сепаратор, аэрозоль, полидисперсные частицы, газовый поток.

Повышение эффективности улавливания полидисперсных твердых частиц является важной задачей для тепловых электрических станций. В ходе сжигания твердых видов топлив образуется большое количество полидисперсных твердых частиц, которое движется с газовым потоком в окружающую среду. Для предотвращения попадания продуктов сгорания в окружающую среду применяются различные виды очистных аппаратов (циклоны, пылеосадительные камеры и др.). Однако они практически неспособны улавливать мелкодисперсные частицы. Поэтому разработка новых технических устройств является актуальной задачей [1].

Авторами работы было разработано трапециевидное сепарационное устройство с дугообразными элементами (рис. 1).

Рис. 1. 3D-модель трапециевидного сепарационного устройства

Основой устройства служит блок дугообразных элементов. На рис. 2 проиллюстрированы дугообразные элементы. Следует отметить, что расстояние между рядами элементов и элементами было подобрано такое, что достигается максимальная центробежная сила [2]. Принцип действия устройства заключается в том, что при движении газового потока с полидисперсными твердыми частицами возникают центробежные силы, которые отбрасывают частицы к стенкам элементов.

В работе проведены исследования в программном комплексе ANSYSFluent. В ходе численных исследований задавались граничные условия: на входе в устройство задавалась скорость газового потока, варьирующаяся от 3 до 15 м/с, на выходе из устройства задавалось атмосферное давление, равное 101325 Па. Было произведено исследование по улавливанию мелкодисперсных частиц в данном устройстве [3].

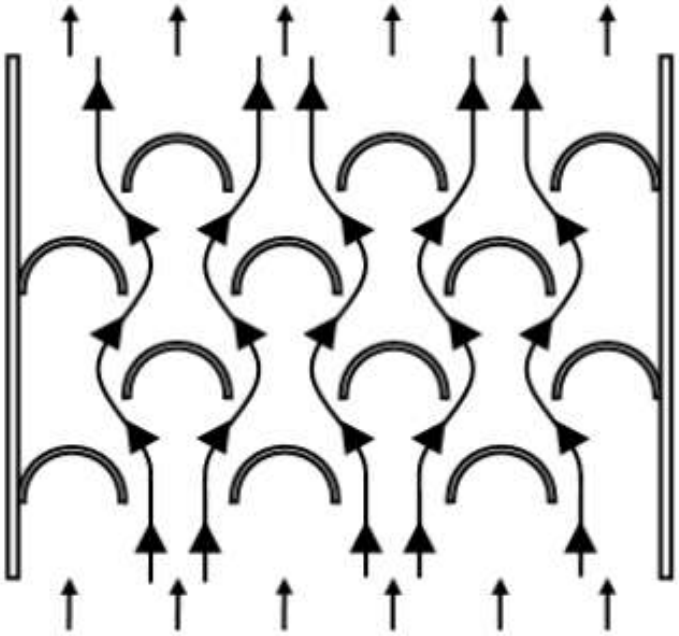


Рис. 2. Направление движения газового потока между дугообразными элементами

В докладе показано, что эффективность улавливания мелкодисперсных полидисперсных твердых частиц в трапециевидном сепараионном устройстве с дугообразными элементами составляет не менее 50 %.

Литература

1. Исследование очистки газового потока от различных фракций пылевидных частиц сепаратором трапециевидной формы / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 10. С. 68–71.

2. Улавливание частиц из дымовых газов прямоугольными сепараторами / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник Иркутского технического университета. 2018. Т. 2, № 3 (134). С. 138–144.

3. Оценка энергетических затрат на улавливание мелкодисперсных частиц в сепараторе с дугообразными элементами / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23, № 2. С. 82–85.

Секция 7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

УДК 639.371.374

ВЛИЯНИЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ

Калайда М.Л.[1], Агеев П.В.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kalayda4@mail.ru, [2]pasha.pimrp@gmail.com

Рассмотрены особенности атлантического лосося как ценного объекта аквакультуры, влияние рациона на физиологическое состояние рыб, влияние включения растительных кормовых добавок на биологические характеристики лососей. В проведенном обзоре показано, что включение растительных кормовых добавок влияет на выживаемость рыб, состояние кишечного тракта, устойчивость к паразитарным заболеваниям.

Ключевые слова: аквакультура, лососёвые, атлантический лосось, кормление, рыбная мука, растительные белки, кормовые добавки, выживаемость, физиологическое состояние.

Аквакультура сейчас – это одна из наиболее перспективных производственных отраслей сельского хозяйства Республики Татарстан. В настоящее время принят Комплексный план мероприятий по развитию аквабиокультуры в Республике Татарстан на период 2017–2022 гг.

Одними из самых перспективных объектов аквакультуры в настоящее время являются семга или атлантический лосось и радужная форель. Однако в нашей стране темпы роста товарного форелеводства значительно отстают от зарубежных. В том числе и по этой причине около 90 % потребляемой в РФ красной рыбы ввозится из-за границы. С позиций решения задач обеспечения населения региона высококачественной рыбной продукцией и импортозамещения развитие форелеводства в Республике Татарстан является особо актуальным [1].

Одной из основных проблем отрасли форелеводства является подбор кормов и кормовых добавок для рациона рыб, в том числе источников растительного белка [1–3]. Например, очищенные растительные белки могут заменять белок рыбной муки в корме для лосося при условии,

что аминокислотный профиль в конечном рационе должным образом корректируется аминокислотными добавками. Поскольку такие продукты из рафинированного растительного белка относительно дорогостоящие, рыбная кормовая промышленность пытается использовать более дешевые и более грубые растительные белки в кормовых рецептурах [1, 3]. Поскольку сырые растительные белковые продукты часто содержат непищевые компоненты для хищных рыб (например, сырую клетчатку), то включение их в корма может негативно влиять на пищеварение, функцию кишечника, рост и общую продуктивность. Авторами [1–3] отмечается, что такие компоненты можно использовать только при их достаточно низком содержании в рационе рыб. Увеличение в рационе кормовых добавок позволяет снизить стоимость кормов и стремится обеспечить более высокую степень их усвоения для снижения кормовых затрат. Современная индустрия кормопроизводства ищет способы сохранения здоровья у рыб при их питании сложными кормовыми смесями, включающими сырые растительные белки.

Атлантический лосось – проходная рыба, которая первые три года (стадия малька) проводит в пресной воде. После процесса физиологической адаптации, когда мальки трансформируются в смолтов, лососи мигрируют в море, где остаются на протяжении одного года, а затем возвращаются в родную реку на нерест. Там самки с помощью хвоста роют небольшие углубления в грунте реки, куда они откладывают икринки, которые затем оплодотворяют самцы. Небольшое количество взрослых особей выживает после нереста и возвращается в море, еще меньший процент из них возвращается через год-два на повторный нерест. В естественных условиях атлантический лосось распространен в Северной Атлантике, от севера Португалии и полуострова Кейп-Код (штат Массачусетс, США), на юге до Баренцева моря и полуострова Лабрадор (Канада), на севере (Souto и Villanueva, 2003). Норвегия – основной производитель лосося. Объемы его производства в Норвегии составляют около 72 процента от его общего производства в Европе [4]. В абсолютных показателях самое высокое производство в начале 2000-х гг. отмечалось в Норвегии (566 тыс. т), в Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии производство лосося составило 158 тыс. т, на Фарерских островах – 37 тыс. т и в Ирландии – 14 тыс. т. Другими странами за пределами Европы, которые занимаются выращиванием атлантического лосося, являются Канада (103 тыс. т, 2005 г.) и Чили (376 тыс. т, 2005 г.) [4].

Наряду с атлантическим лососем в настоящее время в мире выращивают многие другие виды лососевых рыб, такие как радужная форель, кижуч и чавыча. Все они тоже ценные объекты аквакультуры. Базовой биотехнологией выращивания лососевых рыб является технология выращивания форели, соответственно и различные виды лососевых, как правило, кормят одними и теми же кормами, которые характеризуются высоким содержанием белка (50 % и более). Метаболизм белков у этих рыб нуждается в непрерывной поставке аминокислот, однако только около 50% аминокислот белка кормов используются для белкового синтеза. Лососевые, будучи плотоядными рыбами, используют часть пищевых белков для покрытия своих относительно высоких потребностей в энергии, усваивая аминокислоты, чем и объясняется их высокая потребность в белке [5].

Исследования последнего периода [1–3] показали, что изменения в соотношении рыбная мука: рыбный жир в лососевых кормах вряд ли будут осуществимы, если только это не будет связано с многочисленными технологическими разработками в кормовой промышленности. До начала 1980-х лет лососевые корма за рубежом [2] представляли собой, главным образом, самодельные полусырые шарики из рубленых сардин или другой малоценной рыбы, смешанной с пшеничной мукой, витаминными и минеральными добавками. В России в этот период использовались пастообразные корма, которые размещались пластом на сетчатой раме над поверхностью пруда. Хотя эти корма обычно потреблялись лососем готовностью, их производство зависело от регулярных поставок свежей рыбы – в основном сардин или других малоценных рыб. Помимо этого, корма, как правило, плохо держались на воде и демонстрировали низкие кормовые коэффициенты. На сегодняшний день более 2/3 лососевых кормов по массе составляют два морских ингредиента, а именно: рыбная мука и рыбий жир. По сравнению с другими источниками растительных белков и белков наземных животных, рыбная мука уникальна, так как она является не только отличным источником важнейших аминокислот и высококачественного животного белка, но также содержит необходимое количество основных минералов, витаминов и липидов, включая важнейшие полиненасыщенные жирные кислоты [4].

В проведенных исследованиях [2] было показано, что в качестве белковой добавки вместо рыбной муки в состав кормов для лососевых рыб могут включаться экстрагированная соевая мука, экстрагированная подсолнечниковая мука, белковые продукты из клеточных стенок пекарских дрожжей. Авторами в экспериментах было показано, что при кормлении лососей кормовыми растительными добавками из сои до 32 % в рационе отмечалось снижение темпа роста, сопровождавшееся энтеритом у рыб и ростом паразитарных заболеваний. Включение в корма кормовых добавок из сои и подсолнечника в объеме по 14 % также снижало скорость прироста биомассы у рыб и приводило к умеренному энтериту. Положительное влияние на рост рыб оказывала добавка из клеточных стенок дрожжевых культур. Важным выводом экспериментов стало понимание влияния растительных кормовых добавок на здоровье кишечника лососей.

Литература

1. Развитие кормопроизводства – важнейшая задача развития аквакультуры в Республике Татарстан на современном этапе / М.Л. Калайда [и др.] // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: матер. II Нац. науч.-практ. конф. Саратов, 2017. С. 48–55.

2. Effects of dietary yeast cell wall β-glucans and MOS on performance, gut health, and salmon lice resistance in Atlantic salmon (Salmo salar) fed sunflower and soybean meal / Stale Refstiea [et al.] // Aquaculture. 2010. Vol. 305, Is. 1-4. Pp. 109–116.

3. Лапин А.А., Калайда М.Л., Зеленков В.Н. Антиоксидантные свойства образцов растительных ингредиентов для рыбоводства // Устойчивое развитие регионов: опыт, проблемы, перспективы: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. Казань, 2017. С. 315–319.

4. Grøttum J.A., Beveridge M. Обзор садковой аквакультуры: северная Европа // Садковая аквакультура – Региональные обзоры и всемирное обозрение: техн. доклад ФАО по рыбному хозяйству № 498 / ред.: B.M. Halwart, D. Soto и J.R. Arthur. Рим, 2010. С. 135–163.

5. Биотехнологические подходы при использовании белков рапса и сои в кормах аквакультуры лососевых рыб / С.В. Конова [и др.]. // Биотехнология. 2016. Т. 32, № 5. С. 57–68.

УДК 639. 371.374

ТИХООКЕАНСКАЯ БЕЛАЯ КРЕВЕТКА КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ АКВАКУЛЬТУРЫ

Калайда М.Л.[1], Ибрагимова Г.Д.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kalayda4@mail.ru, [2]gulnaz.ibragimova777@gmail.com

Рассмотрены данные по производству и потреблению продукции аквакультуры в мире, уделено особое внимание тихоокеанской белой креветке как объекту мировой аквакультуры, описаны данные по объёмам и соотношению видов в мировом производстве аквакультуры.

Ключевые слова: аквакультура, креветки, тихоокеанская белая креветка, биологические особенности, добыча, биотехнология, биофлок.

На сегодняшний день морепродукты и рыба заняли ключевое место в рационе питания человека, являясь эффективным источником пищевого белка. Их роль в структуре питания стабильно растет, поэтому доля потребления морепродуктов в качестве продуктов питания составляет 70–75 % от общего вылова морепродуктов. В структуре мировой торговли ведущую роль играет мороженая рыба – наиболее удобный в хранение и транспортировки продукт. Второе место по объемам продаж занимают ракообразные, прежде всего креветки как наиболее простой в добыче продукт. 25 млрд долл. составляет объем торговли продукцией переработки рыбы и морепродуктов. Общемировой объем продукции морского промышленного рыболовства в 2016 г. составил 79,3 млн т – это почти на 2 млн т меньше, чем в 2015 г. (81,2 млн т): доминировали в уловах – омары, гастроподы, крабы и креветки [1]. В Российской Федерации объем вылова морепродуктов к 2018 г. вырос: объем вылова креветок вырос на 36 % – до 30 тыс. т по данным Росрыболовства [3].

В настоящее время креветки являются одними из самых ценных видов морепродуктов. Мясо креветок является питательным продуктом, богатым белками, при этом количество жиров минимально. Научно доказано, что мясо креветок является отличным источником многих

микроэлементов, включая цинк, кальций, калий, йод и многие другие. Из витаминов хотелось бы выделить высокое содержание витамина Е. Креветки принадлежат к числу тех морепродуктов, которые не вызывают повышенной чувствительности и не имеют значительных противопоказаний.

Ареал обитания белой тихоокеанской креветки (*Litopenaeus Vannamei*) распространяется от Тихоокеанского побережья Южной Мексики до среднего Перу. С точки зрения экономики это важнейший вид белых креветок на американском тихоокеанском побережье и при этом один из наиболее активно вылавливаемых видов во всем мире. Белая тихоокеанская креветка вылавливается в основном на юге Центральной Америки и у южноамериканского побережья (Панама, Колумбия, Эквадор). Отличительным признаком тихоокеанской белой креветки являются короткие борозды, доходящие примерно до середины спинного панциря. Роговой придаток на голове относительно короткий и едва выходит за стержни первых антенн. Окрас у белой тихоокеанской креветки беловато-прозрачный, с легким сероватым или желтовато-розовым отливом. Креветки этого вида могут достигать в длину до 20 см [2].

Мясо брюшка креветки употребляется во всем мире и считается деликатесом. Поэтому *Litopenaeus Vannamei* как вылавливают, так и разводят в искусственной среде. В 1999 г. было вывезено 2479 т креветок, из них 1100 т из Эквадора и 1379 т из Сальвадора. В период с 2000 по 2010 гг. количество выловленной продукции не превысило 2000 т в год, в 2011 г. – 3072 т [2].

Первые установки по разведению *Litopenaeus Vannamei* появились в Центральной и Южной Америке в конце 1970-х годов. В начале 1980-х годов разведение креветок было также реализовано в Соединенных Штатах. Объем производства в Америке составил более 270 тыс. т в 2004 г. Поскольку *Litopenaeus Vannamei* намного легче разводить, чем *Penaeus Monodon* (английская гигантская тигровая креветка), разведение началось в Азии, а именно в Китае, Таиланде, Вьетнаме и Индонезиив начале 21 в. В Азии в 2004 г. было выращено 1116 тыс. т. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) производство креветок в аквакультурных хозяйствах в 2011 г. составило 2 877 542 т на сумму 12 160 812 тыс. долл. США [4].

В неблагоприятном климате разведение креветок возможно только в условиях замкнутого водоснабжения либо по специальной биофлок-технологии, поскольку данные представители аквакультуры не выносят холодов и могут погибнуть при температуре воды ниже 13 °С. Поэтому на протяжении первых 40 дней мальков содержат в специальных питомниках, после перемещают в основные резервуары, где креветки в течение трех-четырех месяцев доращивают до товарной массы и полного взросления.

Рацион питания креветки в основном состоит из растительной и животной пищей, зоопланктона, с добавлением специальных гранулированных кормов. К особенностям содержания креветок относят непрозрачную «цветущую» воду с зеленоватым оттенком, которой наполнены резервуары. Требуемое качество воды достигается за счет «биофлока», насыщенного микроорганизмами, которые участвуют в поддержании жизнедеятельности креветки и поддержания здоровой среды обитания. Биофлок – представляет собой скопление (осадок) бактерий, водорослей, простейших и других видов частиц органического происхождения [4].

На сегодняшний день выращивание тихоокеанской креветки на территории Российской Федерации осуществляется в малых объемах. Крупнейшая в России ферма по разведению белой тихоокеанской креветки «Русская креветка» находится в селе Коллонтай Малоярославецкого района Калужской области. В тестовом режиме завод начал работать в 2016 г., а официальное открытие состоялось в 2017 г. ООО «Русская креветка» является единственным производителем натуральной тихоокеанской креветки на территории Российской Федерации [3].

Литература

1. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Достижение целей устойчивого развития [Электронный ресурс]. URL: http://www.fao.org/3/i9540ru/I9540RU.pdf (дата обращения: 27.02.2020).

2. «Гигантские креветки» [Электронный ресурс]. URL: http://pacificseafood.ru/articles/17-gshrimps.html?showall=1 (дата обращения: 27.02.2020)

3. Федеральное агентство по рыболовству [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: http://fish.gov.ru/ (дата обращения: 27.02.2020).

4. «Выращивание креветок по биофлок и УЗВ-технологиям: вкусный бизнес у Вас дома» [Электронный ресурс]. URL: http://denjist.ru/orgbiznes/vyrashhivanie-krevetok.html (дата обращения: 27.02.2020).

УДК 639.3

СОМЫ ПАНГАСИУС И АФРИКАНСКИЙ КЛАРИЙ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ ФЕРМЕРСКОГО РЫБОВОДСТВА

Калайда М.Л.[1], Исмагилов Ф.А.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kalayda4@mail.ru, [2]f9033422551@yandex.ru

Рассмотрены перспективные объекты фермерской аквакультуры – сомы пангасиус и кларии, обеспечивающие всё большие темпы в производстве продукции. Также в работе рассмотрены рыбоводно-биологические особенности и вкусовые качества описываемых объектов.

Ключевые слова: аквакультура, индустриальное рыбоводство, сомы, *Pangasianodonhypophthalmus, Clariasgariepinus.*

Среди направлений Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»): потребность в обеспечении продовольственной безопасности и продовольственной независимости России, конкурентноспособности отечественной продукции на мировых рынках продовольствия, снижение технологических рисков в агропромышленном комплексе. К приоритетным и перспективным направлениям научно-технологического развития Российской Федерации относят переход к высокопродуктивному и экологически чистому аквахозяйству, эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания.

В настоящий период отмечается ускорение процессов технологической революции, которое связано с рядом тенденций социального развития. Рост численности населения планеты и сокращение уловов в естественных водных экосистемах ставят задачи выращивания рыбной продукции в искусственных экосистемах с контролируемыми параметрами среды – установках с замкнутым циклом водоснабжения. Использование данных биотехнологий позволяет существенно увеличить интенсивность производства рыбной продукции с единицы площади водоемов и перейти к высокопродуктивному производству. Если в олиготрофных озерах рыбопродуктивность составляет 3–5 кг/га, в мезотрофных водохранилищах – около 17–35 кг/га, в эвтрофных прудах без интенсификационных мероп-

риятий – около 200 кг/га, а при интенсификации процессов выращивания в классических прудовых рыбоводных хозяйствах – 15–30 ц/га, то использование биотехнологии индустриального выращивания рыбы на базе установок с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ) позволяет получать до 100 и, по ряду объектов аквакультуры, до 300–500 кг/м^3, что в сотни раз повышает эффективность использования водных и земельных ресурсов.

К таким перспективным объектам индустриального рыбоводства относятся сомы, в частности роды *Pangasiidae* и *Clariidae*, которые являются важными экономическими ресурсами в Юго-Восточной Азии с производительностью более 250 тыс. т в год. В Индонезии два аллохтонных вида: *Pangasianodon hypophthalmus,* которого называют акульим сомом, завезенный из Таиланда, и *Clarias gariepinus* из Африки – это основные культивируемые сомы. В то же время южные страны пытаются улучшить и диверсифицировать свою аквакультуру за счет автохтонных видов, имеющих коммерческую ценность в два-три раза выше, чем у интродуцированных [1].

Акулий сом имеет длинное тело, приплюснутое с боков, без чешуи. Голова относительно небольшая. Рот широкий с мелкими острыми зубами на челюстной, ворнериновой и небной костях. Глаза относительно большие. Две пары усов, верхние короче нижних. Плавники темно-серые или черные. Шесть разветвленных лучей спинного плавника. Молодые особи имеют черную полосу вдоль боковой линии и еще одну длинную черную полосу ниже боковой линии; крупные взрослые рыбы равномерно серые, но иногда с зеленоватым оттенком и серебристыми боками. Темная полоса посередине анального плавника; темная полоса в каждой хвостовой доле; маленькие жаберные тычинки регулярно чередуются с более крупными [2].

Африканский сом имеет большую сплюснутую голову с четырьмя парами длинных усов и брусковатое тело, сжатое с боков в районе хвоста. Большая пасть имеет множество мелких и острых зубов (зубы у клариаса такие же, как и у европейского сома). Чешуя на теле полностью отсутствует, а цвет туловища зависит от качества и цвета воды в месте обитания, но обычно напоминает мраморный окрас зеленоватых оттенков. Примечательно, что клариевый сом помимо традиционных для рыб жабр, с помощью которых обитатели рек добывают из воды кислород, имеет специальный орган для дыхания атмосферным воздухом [3].

Pangasianodon hypophthalmus и *Clarias gariepinus* относятся к одному отряду, сомообразные. Исходя из этого факта, данные представители отряда имеют ряд схожих показателей.

С позиций фермерского рыбоводства эти виды сомов обладают набором качеств, делающих их перспективными объектами аквакультуры. Среди наиболее важных характеристик: раннее половое созревание – оно наступает у особей старше двух лет, высокая степень выживания при неблагоприятных условиях – низких концентрациях кислорода и значительном загрязнении органическими веществами [4].

Проведенные исследования клариевых сомов в условиях выращивания в УЗВ кафедры ВБА выявили, что половая зрелость наступает на первом году жизни при массе самок от 560 до 880 г. Самки двух годовики имели массу от 1440 до 2300 г. Самцы на первом году жизни имели массу от 760 до 950 г. Масса зрелых семенников составила 8–19,4 г. От одной зрелой самки получено до 520,6 г икры. Рабочая плодовитость самок варьировала от 73 тыс. до 190 тыс. икринок.

Важной особенностью сомов является их способность к гибридизации [5]. Другим важным качеством рыб является их способность расти при высоких плотностях посадки с высокой скоростью роста биомассы. За первый год выращивания индивидуальная масса составляет до 0,5 кг.

Можно отметить также и высокие вкусовые качества рыб. Мясо этих сомов имеет довольно нежный вкус, а также сладковатый оттенок, что делает его диетическим, низкокалорийным, дает ему высокую популярность в кулинарии [6, 7].

Литература

1. Lazard J. Interest of basic and applied research on *Pangasius* spp. for aquaculture in the Mekong Delta: Situation and prospects [Electronic resource] // The biological diversity and aquaculture of Clariid and Pangasiid Catfishin Southeast Asia: proc. mid-term workshop of the “Catfish Asiaproject” / Ed.: M. Legendre and A. Pariselle. 1999. Pp. 15–20. URL: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/doc34-08/010020339.pdf (date of application: 27.02.2020).

2. Status of the Mekong *Pangasianodon hypophthalmus* resources, with special reference to the stock shared between Cambodia and Viet Nam [Electronic resource]: MRC Technical Paper № 1 / Van Zalinge Nicolaas [et al.]. URL: https://www.ais.unwater.org/ais/aiscm/getprojectdoc.php?docid=3029 (date of application: 27.02.2020).

3. Жизнь животных. В 6 т. Т. 4. Ч. 1. Рыбы / под ред. проф. Т.С. Расса. М.: Просвещение, 1971. 654 с.

4. Власов В.А., Завьялов А.П., Гордеев А.В. Новый объект аквакультуры России – африканский сом *Clariasgariepinus* // Холодноводная аквакультура: старт в XXI век: матер. Междунар. симпозиума. Санкт-Петербург, 2003. С. 176–177.

5. Nguyen Trong Hong Phuc. Effects of temperature and salinity on growth performance in cultured tra catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in Vietnam [Electronic resource]. URL: https://core.ac.uk/download/pdf/33502039.pdf (date of application: 27.02.2020).

6. И рыба, и мясо: секрет популярности африканского клариевого сома [Электронный ресурс]. URL: https://www.socium-a.ru/news/article/i-ryba-i-myaso-sekret-populyarnosti-afrikanskogo-k-18254 (дата обращения: 27.02.2020).

7. Калорийность пангасиуса: диетическое [Электронный ресурс]. URL: https://fb.ru/article/312099/kaloriynost-pangasiusa-dieticheskoe-pitanie (дата обращения: 27.02.2020).

УДК 639.3

МЕТОДЫ КОММЕРЧЕСКОГО ПОТОКОВОГО ПОЛУЧЕНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА АФРИКАНСКОГО КЛАРИЕВОГО СОМА В ЕВРОПЕ

КалайдаМ.Л.[1], Калайда А.А.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kalayda4@mail.ru, [2]charict131@gmail.com

Описывается европейская методика получения и подращивания до стандартного посадочного материала молоди африканского клариевого сома в процессе непрерывного производства. Изучение и практическое освоение производилось во время прохождения стажировки на базе Ростокского Универсистета (Германия). Стажировка проводилась при поддержке гранта Правительства Республики Татарстан «Алгарыш».

Ключевые слова: УЗВ, африканский клариевый сом, экологические методы воспроизводства, искусственное воспроизводство, поэтапное развитие методов.

Для европейских производителей африканский клариевый сом представлял крайне перспективый вариант замены широко распространенной тиляпии. Возможность значительно увеличить выход продукции без кардинальных изменений в технологической линии, снизить затраты на производство и при этом получать товарную продукцию не уступающую по ценности филе тиляпии, привела к тому, что в текущее время большая часть хозяйств культивировавших тиляпию перешла на выращивание клариевого сома. Данный переход является отражением общего тренда на интенсификацию методов производства аквакультурной продукции [1].

Относительная простота технологии товарного выращивания, неприхотливость этого объекта аквакультуры и экономическая привлекательность подобного производства привели к широкому распространению предприятий по выращиванию клариевого сома на территории центральной Европы [2]. В силу относительно короткого для аквакультуры цикла выращивания, который для клариевого сома составляет 100–120 дней, и значительного количества предприятий, нуждающихся в регулярных поставках рыбопосадочного материала возникла необходимость разработки технологии непрерывного производства посадочного материала.

На территории Юго-Восточной Азии, где выращивание африканского клариевого сома полуинтенсивными и интенсивными, но без применения установок замкнутого водооборота (УЗВ), методами, имеет широкое распространение, применяется целый спектр методик. Наиболее приближенный к естественному метод воспроизводства основан на экологическом стимулировании размножения. При реализации этого метода производители обоих полов совместно помещаются в емкости или бассейны на открытом воздухе. Изначально уровень воды в емкостях поддерживается относительно низким, производителям дается несколько дней на адаптацию к обстановке. После этого уровень воды в емкости повышают на 50–100 см, что симулирует для сомов наступление сезона дождей – времени размножения в естественной среде обитания и провоцирует сомов на выбой и оплодотворение икры. Для повышения выхода личинки опционально могут использоваться разные виды съемных субстратов. Даже при использовании таких субстратов, выход личинки составляет лишь малый процент относительно вовлеченной в процесс икры. Кроме того, этот метод требует значительных затрат площадей и времени. Даже на территориях, где климат благоприятен для подобного варианта воспроизводства, экологическое стимулирование вытесняется методами инъецирования гормональными или гонадотропными препаратами.

Метод экологического стимулирования воспроизводства применяется и на территории Центральной Европы, но в силу простоты, эффективности и надежности большее распространение получил метод искусственного воспроизводства с применением гонадотропных препаратов. Он позволяет, имея лишь небольшое стадо производителей, осуществлять воспроизводство с требуемой частотой, и получать относительно стабильные результаты, что крайне важно при снабжении рыбопосадочным материалом большого количества рыбоводных хозяйств малого и среднего объема.

Для целей искусственного воспроизводства, на предприятии по получению рыбопосадочного материала достаточно одного-двух десятков взрослых самок и регулярного добавления зрелых самцов в маточное поголовье. Для получения икры самки используются многократно, как правило, с периодичностью 1 икромет каждые 3–6 месяцев. С возрастом растет как масса икры, которую способна отдать самка, так и качество этой икры. Это приводит к тому, что можно встретить экземпляры возрастом 10 и более лет и весом превышающие стандартную товарную массу в 10–15 раз. Самки-производители чипированы и ведется учет качества половых продуктов при каждом цикле воспроизводства.

Поскольку на данный момент нет эффективных методов прижизненного получения мужских половых продуктов для африканских клариевых сомов, молоки получают методом забоя. Для обеспечения высокого качества оплодотворения отбираются здоровые самцы массой 1,5–2,5 кг. Считается, что при высоком качестве условий содержания и должной массе самца, шанс получения половых продуктов неудовлетворительного качества крайне мал. Несмотря на это при воспроизводстве, как правило, используются половые продукты от не менее чем двух самцов.

Для инъецирования, в силу специфики фармакологического законодательства ЕС, как правило, применяются гонадотропные препараты ветеринарного и рыбоводного назначения. Инъецирование проводится только для самок.

Процесс получения и работы с половыми продуктами клариевых сомов схож с этими процессами для распространенных в России видов. Исключениями являются забой самца для получения молок и строгий контроль за температурным режимом при преднерестовым выдерживании производителей и содержании икры в процессе инкубации.

Выклюнувшаяся личинка развивается крайне быстро и переходит на активное питание всего через сутки после выклева. Она неприхотлива к видам корма и может питаться как живыми, так и сухими кормами подходящего размера. Разница в выживаемости при использовании живых кормов и высококачественных стартовых кормов незначительна.

Темп роста малька африканского клариевого сома крайне высок при соблюдении режима температуры и кормления. Также на раннем этапе выращивания важную роль имеет поддержание благоприятного кислородного режима. Ключевым фактором, влияющим на выживаемость молоди сома после перехода на активное питание, является своевременная отбраковка мальков, проявляющих признаки каннибализма.

Необходимо отметить, что важную роль при выращивании молоди имеют частые сортировки и четкое разделение на размерные группы. Сортировки проводятся с помощью сортировочных ящиков и рамок.

При соблюдении оптимальных условий цикл выращивания от икринки до массы стандартного рыбопосадочного материала (12–13 г) занимает 4–6 недель. Обычно реализуется несколько параллельных циклов выращивания с разницей в 1–2 недели.

Литература

1. Commercial African Catfish (Clarias gariepinus) Recirculating Aquaculture Systems: Assessment of Element and Energy Pathways with Special Focus on the Phosphorus Cycle [Electronic resource] / S.M. Strauch [et al.]. Sustainability, 2018. Vol. 10, Is. 6. DOI: https://doi.org/10.3390/su10061805 (date of application: 21.02.2020).

2. Калайда М.Л. Современное состояние и задачи развития аквакультуры в Республике Татарстан // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: матер. Нац. науч.-практ. конф. Саратов, 2016. С. 38–45.

УДК 504-61

КАЧЕСТВО ВОДЫ ОЗЕРА СРЕДНИЙ КАБАН В РАЙОНЕ СБРОСА ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-1

Кочеткова А.С.
ФГАОУ ВО «КФУ», г. Казань
kochetkova.anna2014@yandex.ru
Науч. рук. Степанова Н.Ю.

Оценено качество воды оз. Средний Кабан в районе сбросного канала Казанской ТЭЦ-1 в оз. Средний Кабан по химическим и гидробиологическим показателям за период 2017–2019 гг. Отмечен удовлетворительный кислородный режим, показано, что качество воды, оцененное по интегральному индексу ИЗВ, имеет тенденцию к улучшению: от грязной до загрязненной. Выявлено превышение ПДКрх по сульфатам, ХПК, $БПК_5$, меди, нитратов, марганца, фенолов. Качество воды по биотическому индексу характеризует воду как умеренно-загрязненную.

Ключевые слова: озеро Средний Кабан, качество воды, ИЗВ, биотический индекс.

Тепловые электростанции вносят значительный вклад не только в загрязнение атмосферного воздуха, но и на водные экосистемы [1]. Эксплуатация ТЭЦ связана с использованием большого количества воды, поэтому для своего технологического процесса они осуществляют забор вод из поверхностных водоемов, куда поступают термальные воды после охлаждения оборудования [2].

Сбросы воды несут в основном «тепловое» загрязнение. Тепловое воздействие является основным фактором ухудшения качества воды водоемов [3]. Основным эффектом «теплового» загрязнения является тепловой удар, приводящий к перераспределению организмов в местном сообществе [4]. Температура оказывает существенное воздействие на биоценоз водоема. Её повышение может привести к изменению гидрохимического режима водоема, то есть повлиять на скорость протекания химических реакций и скорость восстановления дефицита кислорода. При повышении температуры численность и биомасса гидробионтов подвержена значительным колебаниям. Восприимчивость живых организмов к токсичным веществам с повышением температуры обычно увеличивается. С термальными водами в водоем могут попадать и загрязняющие вещества, образующиеся в процессе охлаждения [5].

Целью данной работы было оценить влияние выпуска термальных вод ТЭЦ-1 на состояние озера Средний Кабан по химическим и гидробиологическим показателям.

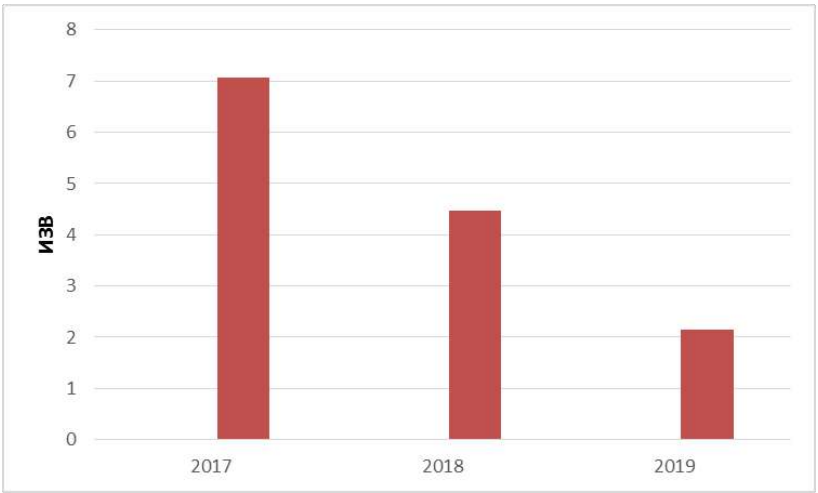
Объектом исследования было озеро Средний Кабан в районе сброса термальных вод Казанской ТЭЦ-1. Озеро смешанного типа, старично-карстовое, продолговатое, самое крупное в системе Кабан.

Химический анализ проводили по 30 показателям в 2017–2019 гг. Одновременно оценивали количественные и качественные показатели зообентоса в мае, июле, октябре 2017–2019 гг. [6].

Анализ гидрохимических данных показал, что содержание растворенного кислорода оставалось на высоком уровне на протяжении всего периода наблюдения.

Оценка качества воды по интегральному индексу ИЗВ выявила тенденцию к улучшению качества воды от грязной (2017–2018 гг.) до загрязненной (2019 г.) (см. рисунок).

Несмотря на улучшение качества воды, остается превышение ПДКрх по сульфатам от 3,9 до 4,1 мг/л, ХПК – от 1,9 до 2,05 мг/л; $БПК_5$ – от 1,3 до 1,7 мг/л, нитритов – от 1,9 до 6,2 мг/л, меди – от 6,2 до 2,4 мг/л, марганца – от 23,9 до 1,9 мг/л, фенолов – от 2 до 2,1 мг/л.



Динамика ИЗВ в оз. Средний Кабан

В зообентосе по биомассе и численности преобладали хирономиды и моллюски, величина биотического индекса Вудивисса составила 5–6, что соответствует умеренно-загрязненному качеству вод с 2017–2018 гг.

Результаты проведенного исследования показали, что по химическим и гидробиологическим показателям качество воды в районе сбросного канала ТЭЦ-1 в оз. Средний Кабан характеризуется как загрязненная при удовлетворительном кислородном режимом.

Литература

1. Электростанции [Электронный ресурс]. URL: https://ru-ecology.info/term/21442/ (дата обращения: 05.03.2020).

2. Разва А.С. Природоохранные технологии в промышленной теплоэнергетике // Природоохранные технологии в промышленной теплоэнергетике: курс лекций. Томск: ТПУ, 2010. С. 2–3.

3. Thermal impacts of a coal power plant on the plankton in an open coastal water environment / Keun-Hyung Choi [et al.] // Journal of Marine Science and Technology. 2012. Vol. 20, Is. 2. Pp. 187–194.

4. Pokale W.K. Effects of thermal power plant on environment // Journal of Scientific Reviews and Chemical Communications. 2012. Vol. 2, Is. 3. Pp. 212–215.

5. Яныгина Л.В. Экология сообществ донных беспозвоночных в водоемах-охладителях тепловых электростанций Сибири // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 5. С. 618–630.

6. Деревенская О.Ю. Методы оценки качества вод по гидробиологическим показателям: учеб.-метод. разработка по курсу «Гидробиология». Казань: КФУ, 2015. 44 с.

УДК 639.371.374

ТИЛЯПИЯ В СТРУКТУРЕ МИРОВОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

Калайда М.Л.[1], Петрова А.Ю.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kalayda4@mail.ru, [2]sashapetrova-1996@mail.ru

Представлены данные по производству продукции аквакультуры в мире, уделено особое внимание тиляпии как объекту индустриального рыбоводства, описаны данные по объёмам и соотношению видов в мировом производстве аквакультуры, а также показаны наиболее перспективные объекты индустриального рыбоводства в установках с замкнутым циклом водоснабжения.

Ключевые слова: аквакультура, производство, садковое выращивание, установки с замкнутым циклом водоснабжения, тиляпии.

Потребление морепродуктов и рыбы занимает довольно важное место в мировом обеспечении населения продовольствием. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций (ФАО) на долю рыбы приходится 17 % животного белка в пищевом рационе населения планеты и 7 % всего потребляемого белка [1].

Мировые тенденции в последние годы показывают опережающий рост производства продукции аквакультуры в сравнении с объемами рыболовства. По оценкам ФАО к 2020 г. доля продукции аквакультуры составляет около 2/3 от общего объема потребления рыбы, необходимо отметить, что 20 лет назад аквакультура занимала только 1/4 от потребления [2]. Первенство в мировой аквакультуре принадлежит Китаю: он не только опередил другие страны по объему производства (с 1991 г. – 70 % от общего объема мирового производства), но с 2016 г. уже выращивает больше рыбы, чем все остальные страны мира.

В 2016 г. общий объем производства продукции аквакультуры достиг 110,2 млн т. Общий объем производства сложился из 30,1 млн т водных растений, 80,0 млн т пищевой рыбы и 37 900 т не пищевой продукции. Было выращено 7,9 млн т ракообразных, 17,1 млн т моллюсков, 54,1 млн т рыбы и 938 500 т других водных животных – лягушек, черепах, морских ежей и медуз. Из водных растений выращивались в основном, морские водоросли, микроводоросли. Из непищевой продукции – жемчуг и декоративные раковины (см. таблицу) [1].

В мировом производстве главными объектами аквакультуры являются тиляпия, пангасиус, карп, амур, толстолобик, сом, лосось, а также креветка.

Производство продукции аквакультуры (живой массы), в тыс. т
(данные по состоянию на 2016 г.)

Категория	Африка	Северная и Южная Америка	Азия	Европа	Океания	Весь мир
Аквакультура во внутренних водоемах						
Рыба	1 954	1 072	43 983	502	5	47 516
Ракообразные	0	68	2 965	0	0	3 033
Моллюски	н.д.	н.д.	286	н.д.	н.д.	286
Другие водные животные	н.д.	1	531	н.д.	н.д.	532
Итого	**1 954**	**1 140**	**47 765**	**502**	**5**	**51 367**
Морская и прибрежная аквакультура						
Рыба	17	906	3 739	1 830	82	6 575
Ракообразные	5	727	4 091	0	6	4 829
Моллюски	6	574	15 550	613	112	16 853
Другие водные животные	0	н.д.	402	0	5	407
Итого	**28**	**2 207**	**23 781**	**2 443**	**205**	**28 664**
Аквакультура, всего						
Рыба	1 972	1 978	47 722	2 332	87	54 091
Ракообразные	5	795	7 055	0	7	7 862
Моллюски	6	574	15 835	613	112	17 139
Другие водные животные	0	1	933	0	5	939
Всего	**1 982**	**3 348**	**71 546**	**2 945**	**210**	**80 031**

Одним из самых распространенных типов производства водных организмов в мировой аквакультуре является индустриальное садковое рыбоводство. На сегодня, коммерческое садковое выращивание ограничивается культивированием высокоценных рыб, питающихся комбикормами, включая лососевых (чавыча, атлантический лосось, кижуч); наиболее важных хищных пресноводных и морских видов рыб (включая красного морского леща, европейского окуня, желтого горбыля, золотистоголового морского леща, рыбу-мандарин, морскую форель, змееголова), а также всеядных пресноводных видов рыб, включая китайских карпов, а также тиляпию, доля которых в садковой аквакультуре значительно увеличилась [3].

Особый интерес вызывают тиляпии, которые обладают хорошей скоростью роста, отличаются высокой адаптационной устойчивостью к широким изменениям условий содержания, имеют превосходные вкусовые качества. В связи с этим, по данным ФАО, по темпу прироста продукции аквакультуры тиляпия занимает первое место – объем выращивания в 2004 г. превысил 1,82 млн т [4].

Тиляпий выращивают более чем в 120 странах мира. Одними из самых крупных производителей тиляпии являются: Китай – 51 % (897,3 тыс. т), страны Юго-Восточной Азии (Тайланд, Филиппины, Индонезия), а также Египет. В Европе тиляпий культивируют во Франции, Германии, Болгарии, Чехии и во многих других странах.

Росту производства тиляпии способствовала разработка новейших интенсивных технологий, создание гибридных форм тиляпии и высокопродуктивных линий. Успешное выращивание тиляпии в субтропиках и в умеренных широтах связано с внедрением индустриальных технологий рыбоводства, выращиванием рыбы в садках, в установках с замкнутой системой водоснабжения, а также прудах с использованием геотермальных и технических вод.

Наиболее широко садковое выращивание используется в Китае, Японии. В 2004 г. в Китае было выращено 1 млн т рыбы на садковой площади в 77 млн $м^2$, а в Японии при выращивании тиляпии в садках за 10–12 месяцев получали до 500 $кг/м^3$ средней массой 800–900 г.

В России наибольший опыт использования тиляпии в аквакультуре получен при выращивании в условиях садковых и бассейновых хозяйств. Выращивание тиляпии проводили на 7 садковых промышленных рыбоводных хозяйствах, которые расположены в различных климатических зонах страны (водоемы-охладители Смоленской АЭС, Новорязанской, Приднепровской, Новочеркасской, Черепетской, Невинномысской, Ставропольской ГРЭС). А также тиляпию выращивали в бассейнах в рыбоводных цехах промышленных предприятий (Новокузнецкий, Новолипецкий, Мариупольский, металлургические комбинаты, ТЭЦ-22 в Москве) [4].

Японские исследователи считают наиболее целесообразным выращивание тиляпий в замкнутых системах водоснабжения (УЗВ). Полная независимость производственного процесса от климатических условий открывает возможность выращивания любых видов гидробионтов. Преимуществ выращивания рыбы в УЗВ намного больше, чем в садковом и прудовом хозяйствах. Например, рыбы более устойчивы к заболеваниям и меньше подвержены стрессу, а также в условиях УЗВ исключается вредное воздействие загрязненной воды на окружающую среду. На сегодняшний день УЗВ в мировом рыбоводстве используется очень широко.

Многолетние эксперименты подтвердили высокие продуктивные качества тиляпий, доказали возможность их эффективного выращивания как в условиях садковых хозяйств, так и в условиях установок замкнутого цикла водоснабжения [5].

Литература

1. Александрова Е.Н. Перспективные направления восстановления и развития аквакультуры в мировом производстве // Рыбное хозяйство. М.: ВНИЭРХ, 1997. Т. 1. С. 1–21.
2. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры [Электронный ресурс]. http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/fao/Состояние 202018.pdf (дата обращения: 20.02.2020).
3. Власов В.А. Рыбоводство [Электронный ресурс]. URL: http:// msd.com.ua/ fish-farming/vvedenie/ (дата обращения: 19.02.2020).
4. Перспективный объект индустриального рыбоводства / Ю.А. Привезенцев [и др.] // Таврийский научный вестник. 1998. С. 15–37.
5. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Достижение целей устойчивого развития [Электронный ресурс]. URL: http://www.fao.org/ 3/I9540RU/i9540ru.pdf (дата обращения: 20.02.2020).

УДК 639 371/374

ГИБРИДИЗАЦИЯ СОМОВ – АКТУАЛЬНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В АКВАКУЛЬТУРЕ

Калайда М.Л.[1], Пиганов Е.С.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kalayda4@mail.ru, [2]vip.piganov@mail.ru

Рассмотрены актуальные виды объектов аквакультуры для гибридизации. Гибридизация сомов – новое направление деятельности в аквакультуре индустриальных рыбоводных хозяйствах. Гибриды отличаются хорошим темпом роста и выживаемостью. Наиболее перспективен гибрид *Clarias gariepinus* и *Clarias macrocephallus*, который в странах Юга-Восточной Азии вышел на лидирующие позиции по объемам выращивания.

Ключевые слова: аквакультура, африканский клариевый сом, пангасиус, искусственное воспроизводство, гибридизация, улучшение товарных качеств.

Одной из главных задач современности является увеличение продукции аквакультуры, поскольку роль вылова рыбы их естественных водоемов неуклонно снижается с 1970-х гг., а численность населения на планете растет. Проблемы обеспечения продовольственной безопасности выходят на передний план во всех странах [1].

Перспективными объектами аквакультуры являются африканские клариевые сомы, которые позволяют обеспечить высокую рыбопродуктивность в условиях высоких плотностей посадки – до 300 кг/м^3. В южных странах Африки и Азии с быстро развивающейся аквакультурой лидирующими объектами рыбоводства являются сомобразные и их гибриды. Не менее популярны в последний период клариевые сомы и в европейских странах. В России они в настоящее время еще не достаточно распространены, но в условиях установок с замкнутым циклом водообеспечения уже показана их перспективность для Республики Татартан. Накоплен определенный опыт их выращивания и размножения на кафедре «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «КГЭУ» [2].

Дальнейшее развитие биотехнологии выращивания клариевых сомов может быть связано с их гибридизацией. Все ныне полученные гибриды сомовых рыб обладают хорошими биотехнологическими признаками: высокий темп роста и способность к выживанию.

С участием клариевых сомов Юго-Восточной Азии были получены реципрокные гибриды с пангасиусом: *Clarias batrachus* × *Pangasius sutshi* и *C. Macrocephalus*x × *P. sutshi*. Все гибридные комбинации показали пониженную жизнеспособность по сравнению с родительскими видами (Tarnchalanukit, 1986). О способности к половому созреванию этих гибридов в литературе не отмечалось. В этот же период были получены гибриды от комбинации *C. batrachus* x *Heteropneus tesjossilis*, они обладали пониженной жизнеспособностью (Mukhopadathy, Dehadrai, 1987), об их плодовитости или стерильности также ничего не сообщалось [3].

Самки *Clarias gariepinus* были скрещены с самцами *Heterobranchus longififis* (Hecht, Lublinkhof, 1985; Legendreetal., 1992). Авторы получили жизнеспособные гибриды, которые имели промежуточные показатели по скорости роста и выживаемости. Гибриды оказались плодовитыми, было получено потомство второго поколения и возвратные гибриды, которые, однако, имели пониженную выживаемость и высокую смертность на личиночной стадии [4].

Скрещивание канальных сомиков рода *Ictaluris I. puncatus* × *I. furcatus* показали, что гибриды по выживаемости превосходят родительские виды во всех фазах роста, обладают большей устойчивостью к заболеваниям, а также имеют лучшую оплату корма, чем родительские виды. Гибриды плодовиты, при скрещивании между собой и с родительскими видами дают жизнеспособное потомство, однако продуктивность F_2 и возвратных гибридов оказалась заметно хуже, чем F_1 (Masser, Dunham,1998).

Большой интерес для товарного рыбоводства представляют гибридные сомы. Межвидовой гибрид *Clarias gariepinus* и *Clarias macrocephallus* – распространенный объект выращивания в Таиланде. Его ценят за более качественное мясо и высокую устойчивость к заболеваниям [5, 6].

Межродовой гибрид *Clarias gariepinus* и *Heterobranchus longifilis* растет быстрее родителей и дает больший выход продукции, однако отмечается сложность содержания, связанная с еще большей агрессивностью поведения гибридов и их большей подверженности инфекционным заболеваниям (Peteri A., 1992; R.W.Ponzoni, 2008) [6].

Не смотря на то, что первые опыты по гибридизации сомовых были осуществлены в конце 20 века, в настоящее время ряд полученных гибридов, например, гибрид *Clarias gariepinus* и *Clarias macrocephallus* уже заняли лидирующие позиции в производстве новых объектов аквакультуры рядя стран. В то же время, скрещивание некоторых видов пока не увенчалось успехом [7].

Литература

1. Технологические аспекты выращивания африканского сома *Clariasgariepinus* в условиях замкнутого цикла водообеспечения / В.И. Филатов [и др.] // Рыбное хозяйство. 2012. № 4. С. 88–91.

2. Подушка С.Б. Клариевый сом и его использование в рыбоводстве // Состояние и перспективы развития фермерского рыбоводства аридной зоны: тез. докл. Междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону, 2006. С. 71–74.

3. Hecht T., Lublinkhof W. *Clarias gariepinus* x *Heterobranchus longifilis* (Pisces: *Clariidae*) – a new hybrid for aquaculture // South African journal of science. 1985. Vol. 81, Is. 10. Pp. 620–621.

4. Comparative study on morphology, growth rate and reproduction of *Clarias gariepinus* [Burchell, 1822], *Heterobranchuslongifilis* [Valenciennes, 1840], and their reciprocal hybrids (Pisces: *Clariidae*) / M. Legendre [et al.] // Journal of fish biology. 1992. Vol. 40, Is. 1. Pp. 59–79.

5. Dunham R., Masser M., Production of hybrid catfish [Electronic resource]. URL: https://fisheries.tamu.edu/files/2019/01/SRAC-0190.pdf (date of application: 21.02.2020).

6. Mukhopadathy S.M., Dehadrai V. Survival of hybrids between air breathing catfishes *Heteropneustes fossilis* (Bloch) and *Clarias batrachus* // Matsya. 1987. Vol. 12, Is. 13. Pp. 162–164.

7. Tarnchalanukit, W. Experimental hybridization between catfishes of the families *Clariidae* and *Pangasiidae* in Thailand // Environmental biology of fishes. 1986. Vol. 16, Is. 4. Pp. 317–320.

УДК 621.56.002

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РЫБОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ВОДОЗАБОРАХ КОНДЕНСАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

Калайда М.Л.[1], Саетов А.Р.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kalayda4@mail.ru, [2]saetov67@mail.ru

Рассмотрены существующие методы контроля эффективности работы рыбозащитных сооружений (РЗС) на водозаборах конденсационных станций. Показано, что эффективность предотвращения попадания рыб и иных водных биологических ресурсов в приемные камеры водозаборов регламентируется российскими экологическими нормами и согласно данным нормам составляет не менее 70 %. Однако существующие методы контроля не позволяют самостоятельно и регулярно контролировать эффективность работы РЗС. На современном этапе развития науки и техники имеются возможности применения принципиально новых методов контроля для повышения эффективности контроля работы рыбозащитных сооружений на водозаборах конденсационных станций.

Ключевые слова: водозабор, рыбозащитное сооружение, водные биоресурсы, методы контроля, эффективность, экология.

Конденсационные станции для охлаждения оборудования используют большие объёмы водных ресурсов. Согласно российскому законодательству все водозаборы должны быть оснащены рыбозащитными сооружениями (РЗС). Эффективность предотвращения попадания рыб и иных водных биологических ресурсов в водозаборы должна составлять не менее 70 % [1, 2].

Показателем рыбозащитной эффективности ($К_{эф}$) является отношение количества рыб, задержанных рыбозащитным устройством, к числу рыб, попадающих в водозаборное сооружение при отсутствии такого устройства, выраженное в процентах [3]. Эффективность работы РЗС измеряется методом проведения ихтиологических исследований, выполнение которых является затратным в финансовом отношении и проводится с привлечением узкоспециализированных предприятий, имеющих право производства подобных работ, обладающих правом вылова водных биоресурсов [4, 5]. Данные ихтиологические исследования проводятся на договорной основе (не постоянно), и не предоставляют возможности пользователям водозаборов

самим контролировать работу РЗС. Совершенствование существующих методов контроля эффективности работы РЗС является актуальным [3, 6]. Для разработки методов повышения эффективности рыбозащиты необходимы фактические характеристики работы действующих водозаборных сооружений, в том числе на конденсационной станции (Заинской ГРЭС) [7, 8].

В 2019 г. в соответствии с договором Татарским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» были проведены ихтиологические исследования на береговой насосной станции № 3 (БНС-3) Заинской ГРЭС по определению эффективности РЗС. Для отбора ихтиологических проб применялись сети ячеей 10, 18, 22, 30 и 70 мм перед водоподводящими каналами к БНС-3 (перед РЗС на Заинском водохранилище). Оценка попадания рыб на БНС-3 (после РЗС) осуществлялась по круглосуточным наблюдениям (в течение четырех суток) за проникающими в водоподводящий к БНС-3 канал рыбами и попаданием их на сороудерживающие вращающиеся сетки водоочистных машин на БНС [7, 9]. Для исследования среды обитания рыб и их кормовой базы в период сбора ихтиологического материала отбирались гидробиологические пробы во все сезоны года [3, 8].

На основании исследований, проведённых на водозаборных сооружениях Заинской ГРЭС в течение четырех сезонов (весна, лето, осень, зима), выявлено, что наибольшее количество рыб попадает на береговую насосную станцию № 3 Заинской ГРЭС в летний период, а наименьшее – в ранневесенний (преднерестовый), зимний и осенний периоды. Так как РЗС на Заинской ГРЭС уже установлено, то коэффициент его эффективности определяли по разности концентрации рыбы перед РЗС (Заинское водохранилище) и после РЗС (БНС-3) [1, 2, 10, 11].

На основании проведенных расчётов с учетом всех факторов внешней среды и в зависимости от сезона $К_{эф}$ РЗС составил:

– 2018 г.: $К_{эф}$ = 83,3 % – осенний период;

– 2019 г.: $К_{эф}$ = 97,2 % – зимний период; $К_{эф}$ = 83,7 % – весенний период; $К_{эф}$ = 83,4 % – летний период.

Таким образом, на основании проведенных во все сезоны 2019 г. исследований и расчетов с учетом факторов внешней среды показатель рыбозащитной эффективности РЗУ, установленного на БНС-3 филиала АО «Татэнерго» – Заинская ГРЭС, в среднем составил 86,9 %, что соответствует показателям (не менее 70 %), положенным по инструкции [1, 2].

Целью нашей работы является изучение имеющихся методов контроля эффективности работы РЗС и рассмотрение возможности разработки альтернативных методов контроля для повышения сохранности рыб и иных

водных биоресурсов в водоемах, организованных при конденсационных станциях. Согласно Указу Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» «приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации следует считать те направления, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке, и обеспечат: а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта». На нынешнем постиндустриальном этапе развития науки и техники появились возможности разработки новых методов контроля эффективности работы рыбозащитных сооружений на водозаборах конденсационных станций, внедрение которых необходимо и будет востребовано.

Литература

1. Беспалов А.Г. Гидротехнические сооружения: учеб. пособие. М.: КноРус, 2016. 93 с.

2. Эрслер А.А., Шерамет Н.Г. Экспресс-методика по определению функциональной эффективности рыбозащитных сооружений на водозаборах. М.: ЦУРЭН, 2002. 43 с.

3. Воздушно-пузырьковые рыбозащитные устройства (РЗУ) с применением гидравлических кавитационных аппаратов (ГКА) // Известия Академии промышленной экологии. 2000. № 3. С. 60–63.

4. Калайда М.Л., Муганцева Т.П. Повышение эффективности работы системы технического водоснабжения ТЭС // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2012. №7-8. С. 124–127.

5. Дёмин А.П. Водохозяйственный комплекс России: понятие, состояние, проблемы // Водные ресурсы. 2010. № 37 (5). С. 617–632.

6. Кузовлёв Г.М. О проектировании водохранилищных и морских водозаборов // Водоснабжение и санитарная техника. 1966. № 1. С. 18–23.

7. Малеванчик Б.С., Никоноров И.В. Рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 256 с.

8. Михеев П.А. Рыбозащитные сооружения и устройства. М.: Рома, 2000. 405 с.

9. Стуране Р.Я., Юдин В.К. Конструкции рыбозащитных устройств фильтрующего типа с воздушной продувкой // Экспресс информация. Мелиоративное и водное хозяйство. 1988. Вып. 11. С. 2–6.

10. Биологические основы устройства рыбозащитных и рыбопропускных сооружений: сб. ст. / отв. ред. Б.П. Мантейфель. М.: Наука, 1978. С. 178–180.

11. Мотинов А.М., Колесникова Т.В. Рыбопропускные сооружения и рыбозащитные устройства // Гидротехнические сооружения / под общ. ред. В.П. Недриги. М.: Стройиздат, 1983. С. 543–545.

УДК 574.5

ОСОБЕННОСТИ ВИДОВОГО СОСТАВА БИОЦЕНОЗА БИОФИЛЬТРА НА ОСЕТРОВОМ РЫБОВОДНОМ ЗАВОДЕ

Калайда М.Л.[1], Хамитова М.Ф.[2], Бабикова В.В.[3]
[1-3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[3]lera.babikova.1995@mail.ru

Проведено исследование биоценоза биофильтра рыбоводной установки с замкнутым циклом водоснабжения на осетровом рыбоводном заводе. Рассмотрена видовая структура биоценоза, проведен анализ качества работы очистного сооружения с использованием индикаторных видов.

Ключевые слова: установка замкнутого водоснабжения, биофильтр, перифитон, биопленка, гидробиоценоз, качество вод.

В условиях современных высокоинтенсивных рыбоводных хозяйств вопросы оценки эффективности очистки оборотной воды становятся крайне важными. Одним из ключевых звеньев установки замкнутого водообеспечения (УЗВ) выступает биологический фильтр.

При оценке эффективности биологической очистки вод в УЗВ используется гидробиологический метод. Задача гидробиологического анализа заключается в том, чтобы по численности индикаторных видов и их физиологическому состоянию в короткий срок дать заключение об эффективности очистки воды, а также о способности очистного сооружения к переработке загрязнений.

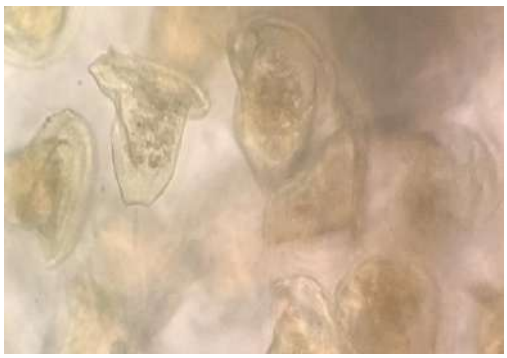
Нами проведено исследование перифитона биофильтра установки с замкнутым циклом водоснабжения, в которой содержалось ремонтно-маточное поголовье осетровых рыб.

Материалом для данной работы послужили еженедельные пробы перифитона, отобранные из биофильтра УЗВ. Для исследования биоценоза использовали пластины для обрастаний по [1]. Пластины подвешивалась на глубине 30–50 см в центральной части реактора биофильтра на неделю.

Объем очистного сооружения составлял 56 $м^3$, смена воды в биофильтре происходила за 0,7 ч. В качестве загрузки была использована европейская полимерная загрузка HelixblackHXF13KLL+, с удельной площадью поверхности 800 $м^2/м^3$. Средняя температура воды в период исследования составляла 18,1±0,5 °С, содержание растворенного в воде кислорода – 9,6±0,3 мг/л. Плотность посадки рыбы в установке составляла не более 22,2 $кг/м^3$. В качестве корма использовался Alltech Coppens Intensiv. Кормовой коэффициент для ремонтно-маточного поголовья осетровых рыб составил 0,6 от сухой массы корма.

Проведенное исследование выявило в перифитоне биофильтра 36 видов и форм организмов, относящихся к следующим систематическим группам: растительные жгутиконосцы (11 % от общего числа видов); амебы (3 %); раковинные корненожки (6 %); солнечники (3 %); ресничные инфузории (31 %), в том числе перитрихи (13 %) и сосущие инфузории (8 %); коловратки (13 %); олигохеты (6 %); круглые и ресничные черви (по 3 % соответственно).

По количеству видов наиболее разнообразно были представлены инфузории, на них приходилось 52 % всех встреченных видов и форм. По литературным данным [1–4] инфузории составляют после бактерий наиболее многочисленную группу организмов, постоянно присутствующую в активном иле, быстро и чутко реагирующую на изменения внешних условий. В биоценозе исследованного биофильтра рыбоводной установки они были представлены ресничными и сосущими инфузориями. Из ресничных инфузорий сидящие формы (*Peritrichia*) (встречено 8 видов) были представлены двумя родами *Vorticella* и *Epistylis.* По данным Л.А. Кутиковой [1] оценку качества вод можно проводить по физиологическому состоянию перитрих, их размеру и формам зооидов. Для олигосапробной зоны характерно присутствие мелких колоколовидной форм. Для загрязненной зоны характерно присутствие круглых с толстой оболочкой форм зооидов и вытянутой с раструбом формой. Встречающиеся в перифитоне УЗВ формы зооидов *Vorticella* и *Epistylis* характеризовались мелкими размерами, колоколовидной и вытянутой с раструбом формами, что свидетельствует о чистоте вод (олигосапробной зоне) (рис. 1).



Vorticella picta (Ehrenberg, 1831)

Epistylisplicatilis (Ehrenberg, 1838)

Рис. 1. Представители *Peritrichia* в биоценозе биофильтра рыбоводной установки

Кроме инфузорий в пробах перифитона отмечались коловратки, на долю которых приходилось 14 % от встреченных видов и форм. В литературе [1] отмечалось, что наличие в составе биоценоза очистного сооружения большого разнообразия представителей верхнего звена пищевой цепи: многоклеточных беспозвоночных хищников и детритофагов, говорит о низкой нагрузке на биофильтр и высоком качестве очистки воды. Кроме коловраток встречались плоские, круглые и кольчатые черви. Из кольчатых червей массово представлены *Chaetogasterdiaphanus* (Gruithuisen, 1828),поедающие исключительно коловраток и являющиеся типичными представителями активного ила при низких нагрузках [1].

Проведенный гидробиологический анализ выявил на исследуемых пластинах присутствие организмов, которые характеризуются разными индикаторными значениями (рис. 2).

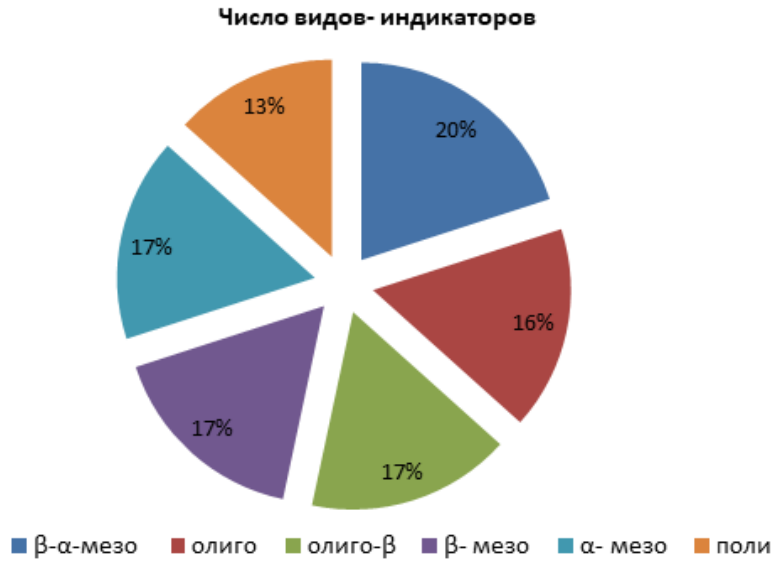


Рис. 2. Соотношение видов с разной индикаторной значимостью в структуре перифитона биофильтра

По количеству видов-индикаторов преобладали организмы, характерные для β-α-мезосапробной зоны, такие как *Actinophrys sol* (Ehrenberg, 1830), *Hemiophrys pleurosigma* (Stokes, 1884), *Epistylis urceolata* (Stiller, 1933), *Euplotes affinis* (Dujardin, 1841), *Tokophrya mollis* (Bütschli, 1889), *Aeolosoma hemprichi* (Ehrenberg, 1828). Это свидетельствует о низкой нагрузке на биофильтр и высоком качестве очистки поступающих вод.

Литература

1. Кутикова Л.А. Фауна аэротенков: атлас. Л.: Наука, 1984. 264 с.
2. Липеровская Е.С. Гидробиологические индикаторы состояния активного ила и их роль в биологической очистке сточных вод // Итоги науки и техники ВИНИТИ. 1976. Т. 4. С. 169–217.
3. Мажейкайте С.И.. Ресничные инфузории // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / под ред. Л.А. Кутиковой, Я.И. Старобогатова. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. С. 46–98.
4. Curds C.K. An eecological study of Ciliated Protozoa in activated sludge // Oikos. 1966. Vol. 15, Is. 11. Pp. 95–108.

УДК 639.31

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ВОДЫ УСТАНОВОК ЗАМКНУТОГО ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ КАФЕДРЫ «ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ И АКВАКУЛЬТУРА»

Лапин А.А.[1], Вдовина С.Е.[2]

[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

[1]lapinanatol@mail.ru, [2]lampochka_svetik@bk.ru

Приведены результаты биохимического анализа антиоксидантной активности воды на установках с замкнутой системой водообеспечения кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» с биофильтром в динамике без её замены с использованием аквапонной установки аквариумного типа. Проведенные исследования показали актуальность проблемы загрязнения вод и перспективность использования показателя суммарной антиоксидантной активности для оценки работоспособности биофильтров в установках с замкнутой системой водообеспечения при выращивании рыбы как самих вод, так и растений используемых в биотестировании.

Ключевые слова: биохимический анализ, антиоксидантная активность, установки замкнутого цикла водообеспечения, аквакультура, биофильтр, аквапонная установка.

Глобальная проблема нашего времени – это различные онкологические заболевания, связанные с нарушением пролиферации и дифференцировки клеток вследствие генетических нарушений. Этому способствуют свободные радикалы, которые могут очень сильно повреждать ДНК человека: вызывать двуцепочечные разрывы, мешать процессам репарации и разрывать или изменять её структуру, вступая в реакцию с основанием ДНК. Более 60 заболеваний практически связаны с деятельностью свободных радикалов. Образование свободных радикалов в организме происходит естественным путём в результате метаболизма и процесса образования энергии. Это биологическая реакция организма на окружающие нас токсины: сигаретный дым, солнечный свет, химикаты, космическую и техногенную радиацию и даже на лекарственные препараты.

Изучение антиоксидантной активности наряду с различными биохимическими методами могут дать интегральную оценку токсичности, вызываемую суммарным действием всего комплекса загрязняющих веществ, содержащихся в водной среде, с учетом их синергетического и антагонистического взаимодействия.

Актуальность развития методик анализа воды и водных систем состоит в том, что наиболее существенное значение имеют данные об их структурной организации, так как целое обладает иными свойствами, чем сумма его составляющих частей, чему до сих пор в литературе уделяется недостаточное внимание. Интерес ученых к антиоксидантной активности воды, в том числе в различных биологических средах растет, однако определение суммарной антиоксидантной активности воды и водных сред практически невозможно свести к единой методике и требует применения комплекса современных методов с применением современной аппаратуры [1].

Цель исследования – изучение антиоксидантной активности воды на установках с замкнутой системой водообеспечения кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» с биофильтром в динамике без её замены с использованием аквапонной установки.

В качестве основного методологического подхода при разработке регламентов на химические вещества используют биотестирование. Особый интерес при оценке качества растений, применяемых при биотестировании, представляет определение антиоксидантной активности (АОА). В качестве фактора стрессового воздействия для биотестирования в данном эксперименте выбрано использование воды с установок с замкнутой системой водообеспечения кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» с биофильтром в динамике без её замены с использованием аквапонной установки аквариумного типа.

Изучена возможность комплексной оценки токсичности и пищевой безвредности продукции салата листового, выращенного методом гидропоники в условиях камеры фитотрона ИСР-0.1. При этом применялся метод биотестирования с использованием тест-культур *Daphnia magna* и *Paramecium caudatum*. Выявлена чувствительность метода, позволяющего установить не только отрицательные токсические эффекты (гибель), но и возможность стимулирования их жизнедеятельности [2].

Для биотестирования применялись растения листовой горчицы (Brssicajuncea (L.) Czern.) сорта Мэй Лин (селекция ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» и ООО «Агрофирма поиск». В качестве субстрата использовалась минеральная вата (фирма «Агрус»), облучение велось светодиодной лампой при продолжительности светового дня 18 ч. Ранее в литературе нами были описаны условия и результаты по выращиванию, а также определению АОА данной горчицы салатной при облучении светодиодами красного и синего света в закрытой системе синерготрона ИСР-1.1, уровень интенсивности света 130 мкмоль/с·м^2 [3].

На настоящий момент уже накоплена масса информации по изучению токсичности вод и продолжает пополняться новыми разработками [4].

Для успешной и здоровой жизни нашего населения важно не только количество выпускаемой продукции, но и ее качество. Качество рыбы, выращиваемой в установках с замкнутой системой водообеспечения, зависит от качества воды, в которой она прибывает. Главным образом рыба выращивается в установках с замкнутой системой водообеспечения (УЗВ), в которых достигается полная независимость производственного процесса от природно-климатических условий, времени года, при этом достигается цикличность и непрерывность работы УЗВ, достигается гибкость в регулировании различных абиотических факторов среды обитания гидробионтов [5].

Очистка воды в УЗВ чаще всего производится биофильтрами различной конструкции. Сооружения, использующие активный ил (аэротенки и интеграторы) из-за низкой производительности практически в УЗВ не применяются. В последнее время стали применять аквапонику – новую высокотехнологичную разработку, которая сочетает в себе как выращивание рыбы, так и растительной продукции, при этом продукты минерализации токсичных экзометаболитов рыб и гидролиза остатком кормов используются как удобрение для выращивания растений [6].

Нарушение работы биофильтров (БФ) может привести к замору рыбы, потребуются недели для восстановления их работы. Чтобы этого не происходило нужно проводить контроль всех показателей качества воды. На стабильность и эффективность работы БФ влияют многие параметры: возрастание количества вносимого корма, отбор рыбы и внесение корректирующих добавок в воду, количество добавляемой свежей воды. Для нормальной работы БФ любые изменения параметров воды необходимо проводить постепенно, вносимые в воду УЗВ органические вещества, сами по себе, не являются загрязнениями, но когда их очень много, они становятся загрязнениями [4].

Для оценки качества вод в УЗВ нами использовались стандартные методы определения активной кислотности, окисляемости, а также перспективный показатель суммарной антиоксидантной активности [7,8].

При определении суммарной антиоксидантной активности (САОА) образцов вод из УЗВ нами получены значения в интервале от 21,950 до 27,600 мг Ru на 1 $дм^3$, при этом нами обнаружено, что она не коррелирует с данными по активной кислотности (pH) и окислительно-восстановительному потенциалу (ОВП). Добавление 5 $дм^3$ воды из УЗВ в аквариум ёмкостью 30 $дм^3$ САОА увеличивается с 21,950±0,593 мг Ru на 1 $дм^3$ до 27,600±0,24 мг Ru на 1 $дм^3$, что составляет 25,74 %. Поэтому мы стали применять биотестирование с использованием аквапонной установки аквариумного типа.

САОА выращенной нами в аквапонной установке горчицы салатной Мэй Лин в расчете на 100 абсолютно сухого образца (а.с.о.) составляла7,430±0,087 г рутина (Ru), после досушивания при 105 °С САОА образца составила на 100 г а.с.о. 5,924±0,085 г Ru (понижение активности на 20,27 % – антагонизм).

САОА выращенной нами ранее в закрытой системе синерготрона ИСР-1.1 горчицы салатной Мэй Лин в расчете на 100 а.с.о. 1,801±0,035 г Ru, после досушивания при 105 °С САОА образца составила на 100 г а.с.о. 1,848±0,030 г Ru (повышение активности на 2,61 % - синергизм) [3].

Таким образом, изучение антиоксидантной активности вод находится на начальном этапе, но оно дает все новые факты, углубляя и усложняя наши представления об окружающем мире, их развитие помогает нам понять многие аномальные свойства воды – основного теплоносителя теплокровных животных и среды обитания гидробионтов.

Литература

1. Биохимическое исследование листового салата, выращенного в условиях аквапоники / А.А. Лапин [и др.] // Бутлеровские сообщения. 2019. Т. 59, № 8. С. 132–139.

2. Возможности применения метода биотестирования для определения пищевой безвредности и качества продукции салата листового, выращенного в условиях системы фитотрона ИСР-0.1 / Л.Г. Елисеева [и др.] // Жизненный цикл и экология растений: регуляция и управление средой обитания в агробиотехносистемах: сб. науч. тр. Москва, 2018. С. 169–185.

3. Продуктивность и антиоксидантна активность горчицы салатной при облучении светодиодами красного и синего в закрытой системе синерготрона ИСР-1.1 / В.Н. Зеленков [и др.] // Известия ФНЦО. 2019. № 1. С. 83–86.

4. Исследование работы биофильтра по показателю суммарной антиоксидантной активности при выращивании клариевого сома в условиях установки замкнутого водообеспечения / А.А. Лапин [и др.] // Состояние и перспективы научно-технологического развития рыбохозяйственного комплекса: матер. Нац. науч.-практ. конф. (с междунар. участием). Махачкала, 2019. С. 175–181.

5. Изучение питательно ценности клариевого сома по показателю суммарной антиоксидантной активности / А.А. Лапин [и др.] // Состояние и перспективы научно-технологического развития рыбохозяйственного комплекса: матер. Нац. науч.-практ. конф. (с междунар. участием). Махачкала, 2019. С. 169–175.

6. Калайда М.Л., Лапин А.А., Гордеева М.Э. Кластерная характеристика вод по величине их суммарной антиоксидантной активности // Состояние и перспективы научно-технологического развития рыбохозяйственного комплекса: матер. Нац. науч.-практ. конф. (с междунар. участием). Махачкала, 2019. С. 242–249.

7. Исследование антиоксидантной активности вод / А.А. Лапин [и др.] // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: сб. науч. тр. Москва, 2011. Вып. 19. С. 61–70.

8. Лапин А.А. МВИ-001-44538054-07. Суммарная антиоксидантная активность. Методика выполнения измерений на кулонометрическом анализаторе. Жердевка: ООО Концерн «Отечественные инновационные технологии», 2007. 6 с.

УДК 612.014.464:615.235

БИОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕПАТОПРОТЕКТОРНОГО СБОРА ПО АНТИОКСИДАНТНЫМ СВОЙСТВАМ

Лапин А.А.[1], Чернова А.Е.[2]
[1, 2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]lapinanatol@mail.ru, [2]anastasicherry@gmail.com

Приводятся данные по исследованию суммарной антиоксидантной активности гепатопротекторного сбора растительного происхождения и его отдельных компонентов. Исследования водных извлечений гепатопротекторного сбора и отдельных его компонентов показали их антиоксидантную активность. Обнаруженное увеличение антиоксидантной активности нового гепатопротекторного сбора по сравнению с эффектами его отдельных компонентов позволяет рассматривать его как перспективную лекарственную форму для использования в лечении и профилактике заболеваний печени.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, кулонометрический метод анализа, гепатопротекторы растительного происхождения.

Биологически активные вещества растений оказывают противовоспалительное, антиоксидантное, антимикробное, желчегонное и иммуностимулирующее действие. Актуальное значение в реализации профилактических и лечебных эффектов фитопрепаратов желчегонного, диуретического и антигельминтного действия имеет их антиоксидантная активность [1].

Между отдельными действующими веществами нами обнаружены взаимодействия в виде синергизма или антагонизма [1, 2], для использования растительных сборов в медицине и рыбоводстве весьма перспективными являются сравнительные исследования антиоксидантной активности (АОА) отдельных компонентов и их растительных сборов.

Гепатопротекторы – это группа лекарственных средств, действие которых направлено на стимуляцию клеток печени, на восстановление структуры органа и нормализацию его функций. Они защищают печень от воздействия на нее токсических веществ, бактерий, инфекций, вирусов, грибков и т.д. Само название гепатопротекторы происходит от латинских слов *hepar* – печень и *protecto* – защита. Гепатопротекторы на сегодняшний день составляют 9,2 % от общего количества лекарственных средств [1].

По мнению Е.А. Ушкаловой [3], «идеальный» гепатопротектор должен отвечать следующим требованиям:

1) хорошо всасываться в желудочно-кишечном тракте;

2) обладать эффектом первого прохождения через печень;

3) сохранять способность к естественному метаболизму при патологии печени;

4) обладать энтерогепатической циркуляцией; способностью предупреждать образование или связывать высокоактивные повреждающие соединения; противовоспалительными свойствами; способностью подавлять фиброгенез; стимулировать регенерацию печени; невысокой токсичностью.

К сожалению, ни один из имеющихся в настоящее время на фармацевтическом рынке гепатопротекторов не удовлетворяет в полной мере этим требованиям, поэтому поиск новых соединений, способных предупреждать и устранять повреждения печени, является актуальным.

Целью настоящего исследования явилась оценка антиоксидантной активности гепатопротекторного сбора и отдельных его компонентов: фитогепатола № 2, цветков пижмы и листьев березы.

Объектами исследования являлись гепатопротекторный сбор (ГС), состоящий из равных частей листьев березы (*Betulae folia*), цветков пижмы (*Tanacetumflores*), фитогепатола № 2, состоящего из цветков бессмертника песчаного (*Harenosiumimmortelle*) 40 %, травы тысячелистника (*Yarrow*) 20 %, листьев мяты перечной (*Peppermint*) 20 %, плодов кориандра (*Coriander*) 20 %. Все сырье приобреталось нами в аптеке.

Методы определения суммарной антиоксидантной активности (САОА), получение водных извлечений из растительного сырья, статистическая обработка полученных результатов и выявление синергизма и антагонизма приведены в наших работах [1, 2].

Исследования показали, что изученный ГС обладает существенной АОА (таблица 1), что, вероятно, связано с высоким содержанием в нём таких биологически активных веществ, как флавоноиды, полифенольные соединения, каротиноиды и др. [1, 2].

Антиоксидантные свойства сбора могут иметь значение для реализации основного фармакологического эффекта при поражениях печени различного генеза, так как известно, что природные антиоксиданты обладают противовоспалительной, противоаллергической и иммуномодулирующей активностью за счет связывания свободных радикалов, торможения реакций избыточного перекисного окисления липидов и в результате ингибирования липооксигеназы, снижения содержания малонового диальдегида.

В состав исследованного сбора входит три вида растительного сырья, отличающегося содержанием биологически активных веществ и соответственно выраженностью САОА (табл. 1).

Таблица 1

Суммарная антиоксидантная активность водных извлечений гепатопротекторного сбора и его отдельных компонентов

Водные извлечения растительного сырья	САОА мг рутина на 1 дм^3 водного экстракта	САОА г рутина на 100 г исходного абсолютно сухого образца
Гепатопротекторный сбор, г/дм^3:		
17,5	1622,25±21,58	17,946±0,239
12,5	831,25±17,71	9,196±0,196
7,5	619,38±15,67	6,852±0,173
Гепатопротекторный сбор	1481,00±21,18	–
Листья березы (10 г/дм^3)	803,00±17,43	8,757±0,190
Цветки пижмы (10 г/дм^3)	944,25±18,51	10,516±0,206
Фитогепатол № 2 (10 г/дм^3)	746,50±16,95	8,276±0,188

Вероятно, высокая антиоксидантная активность водных извлечений гепатопротекторного сбора и его отдельных компонентов связана с содержанием в них таких природных антиоксидантов, как флавоноиды. Известно, что флавоноиды могут нейтрализовать свободные радикалы, защищая клетки от разрушения мембран и внутриклеточных структур, ткани от повреждений, вызванных избыточным выбросом гистамина, что даёт дополнительные возможности в разработке комбинированных фитопрепаратов желчегонного, диуретического и антигельминтного действия. Антиоксидантные свойства настоев растительного сырья могут быть также обусловлены наличием таких биологически активных веществ, как полисахариды, полиненасыщенные кислоты, витамины, стероиды, полифенолы, другие биологически активные вещества. Основные действующие вещества компонентов сбора показаны в табл. 2.

Наибольшая антиоксидантная активность была отмечена у водных извлечений цветков пижмы, а наименьшая – у фитогепатола № 2, при этом активность цветков пижмы была в 1,3 раза выше, чем у настоя фитогепатола. Высокой АОА обладает настой листьев березы в 1,2 раза меньше чем у цветков пижмы, но в 1,1 раза выше, чем у фитогепатола. САОА гепатопротекторного сбора существенно зависит от исходной концентрации сбора для получения водных извлечений (см. табл. 1).

Таблица 2

Основные биологически активные вещества компонентов гепатопротекторного сбора

№	Вид сырья	Основные действующие вещества
1	Листья березы	Флавоноиды, липиды, дубильные вещества, пектины, витамины, гликозиды, белки, эфирные масла, антиоксидантные ферменты (каталаза, супероксиддисмутаза, пероксидаза)
2	Цветки пижмы	Флавоноиды, дубильные вещества, пектины, витамины, гликозиды, стероиды, эфирные масла
3	Цветки бессмертника песчаного	Флавоноиды, белки, липиды, жёлтые пигменты (аренол и гомоаренол), каротин, дубильные вещества, полиненасыщенные жирные кислоты, стероиды
4	Трава тысячелистника	Флавоноиды, кумарин, алкалоид ахиллеин, смолы, инулин, дубильные вещества, каротин, холин, органические кислоты, аскорбиновая кислота, эфирные масла, полисахариды, каротин
5	Листья мяты перечной	Флавоноиды, углеводы, белки, розмариновая кислота, дубильные вещества, эфирные масла, витамины: A, B1, B2, B5, B6, B9, C, E
6	Плоды кориандра	Флавоноиды, углеводы, белки, эфирные масла: линалоол, терпинен, фелландрен, борнеол, гераниол, алкалоиды, пектин, дубильные вещества, кориандрол, стерины, аскорбиновая кислота, сахара, рутин, полифенолы
7	Цветки лабазника вязолистного	Флавоноиды, углеводы, дубильные вещества, антоцианы, алкалоиды, кумарины, эфирные масла, гликозид спиреин, ванилин, фитонциды

Обращает на себя внимание тот факт, что САОА водного извлечения сбора на 13,56 % отн. превышала расчетную величину САОА, полученную по результатам определения САОА отдельных компонентов сбора и соответствует значению 541,2±9,7 мг рутина (при его концентрации 10 г сбора на 1 $дм^3$ водного извлечения). Этот факт, вероятно, свидетельствует о проявлении синергизма по показателю АОА в действии биологически активных веществ растительных компонентов лекарственного сбора, что может иметь значение для реализации лечебных эффектов нового гепатопротекторного растительного препарата.

Выводы

1. Гепатопротекторный сбор, состоящий из равных частей листьев березы (*Betulae folia*), цветков пижмы (*Tanacetiflores*), фитогепатола № 2 (жечегонного сбора № 2) и отдельные его компоненты обладают выраженной антиоксидантной активностью.

2. Наибольшая антиоксидантная активность обнаружена у настоев гепатопротекторного сбора (17,5 г на 1 $дм^3$) и цветков пижмы (10 г на 1 $дм^3$).

3. Обнаруженное увеличение антиоксидантной активности нового гепатопротекторного сбора по сравнению с эффектами его отдельных компонентов позволяет рассматривать его как перспективную лекарственную форму для использования в лечении и профилактике заболеваний печени.

Литература

1. Лапин А.А., Гарифуллин И.Г., Зеленков В.Н. Биохимическое исследование гепатопротекторного сбора растительного происхождения // Бутлеровские сообщения. 2019. Т. 59, № 7. С. 91–96.

2. Показатели суммарной антиоксидантно активности растительного сбора желчегонного действия при термодегидратации при 105 °С / В.Н. Зеленков [и др.] // Актуальная биотехнология. 2019. № 3 (30). С. 389–390.

3. Ушкалова Е.А. Проблемы применения гепатопротекторов // Фарматека. 2004. № 4. С. 45–55.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТЭС И ЖКХ

Аверьянова А.А., Водениктов А.Д. Методика оценки эффективности работы регенеративных воздухоподогревателей 3

Ахмедьянова К.Т., Минибаев А.И. Деление двухфазных потоков в зоне вихревых эффектов 6

Ахмедьянова К.Т. Теплообменник регенеративный 9

Бабиков О.Е., Чичирова Н.Д. Сравнительный анализ достоинств и недостатков профилированных ионообменных мембран в отличие от плоских мембран в электродиализных установках 11

Баймяшкина О.С., Яковлев Р.Н. Деаэрирование воды на районных котельных для нужд централизованного теплоснабжения 13

Вафина Р.И., Бикмурзина Л.Р. Исследование потенциала экономии топлива при повышении надежности и качества теплоснабжения 16

Гаевая А.А., Водениктов А.Д. Разработка устройств для деаэрации конденсата в конденсаторах паровых турбин 19

Гареева К.А., Иванова У.В. Разработка экспериментальной установки для очистки воды холодного водоснабжения до питьевого качества 22

Гильфанов Б.А. Потенциометрический анализ водных теплоносителей ТЭС и систем теплоснабжения 26

Кириллова Н.А. Модификация схемы теплофикационной установки Казанской ТЭЦ-1 28

Михалева А.Д. Энергосбережение в зданиях и сооружениях с вентилируемыми фасадами 31

Паненко Д.О., Чичирова Н.Д., Филимонова А.А. Технология очистки возвратного производственного конденсата 36

Салихова А.Р. Анализ возможности модернизации действующей ГРЭС парогазовыми установками 39

Уварова Ю.Г. Модернизация Казанской ТЭЦ-3 с заменой парового котла ст. № 5 и паровой турбины ст. № 5 на газотурбинную установку с котлом-утилизатором с выработкой пара средних параметров 42

Шаяхметова А.Ш., Хасанова Л.Р. Метод «Альтернативной котельной» 44

Широбокова Е.Е. Модернизация Нижнекамской ТЭЦ-1 путем надстройки газовой турбины с котлом утилизатором, с выработкой пара высоких параметров 48

Яхшыгулова Р.Р. Энергетическая эффективность парогазовых установок 51

Секция 2. ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГОУСТАНОВОК И СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аманов Д.В. Энергоэффективность тепловых пунктов, применяемых на объектах ЖКХ 54

Аминов Р.Р. Способ повышения эффективности работы системы теплоснабжения с водогрейными котлами 57

Ахметгалиев И.Ф. Сепарационный метод очистки попутного газа 59

Аюпов Р.Р. Повышение энергоэффективности системы теплоснабжения производственного цеха путем внедрения автоматического регулирования системы отопления 62

Вараксина Е.А. Возможности газотурбинной генерации на конвертерном газе 65

Власов И.С. Сравнительный анализ плоских и вакуумных солнечных коллекторов 68

Галанина А.Е. Перевод открытых систем теплоснабжения на закрытые на примере г. Набережные челны 71

Галеев Р.Р. Повышение эффективности системы теплоснабжения поселка Алексеевское 73

Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Апробация информационно-диагностического комплекса для контроля технического состояния трубопроводов в полевых условиях 75

Гарнышова Е.В. Анализ эффективности оборудования для контроля наличия отложений 78

Гатауллина И.М., Кондратьев А.Е. Применение теплового насоса для утилизации снежной массы в городских условиях 82

Гилазова Г.Р. Перспектива развития солнечной энергетики в России и мире 85

Горбунов К.Г. Внедрение индивидуальных тепловых пунктов в теплоэнергетике 88

Ермолаев Т.В. Определение оптимального варианта косвенного нагрева нефти на объектах нефтеподготовки 91

Захарова В.Е., Шакурова Р.З. Модальный анализ собственных колебаний полиэтиленовых трубопроводов 92

Ившин Р.В. Оптимизация энергосберегающих технологических тепловых систем 95

Казакова Г.Д. Повышение энергетической эффективности системы теплоснабжения методом анализа процессов гидродинамики 98

Картас С.С. Влияние геометрических параметров эжектора с криволинейным участком камеры смешения на его коэффициент эжекции 101

Кашеварова Д.С. Повышение эффективности системы оборотного водоснабжения ТЭЦ 103

Кузборская К.С. Оценка влияния поэтапного внедрения АИТП на системы теплоснабжения 106

Макагон А.Н., Яшин Д.С., Бурухина О.В. Характеристики каталитической печи с замедленным горением твердого топлива 109

Макуева Д.А. Анализ использования водного раствора пропиленгликоля в системах теплоснабжения частных домов 113

Мукатдаров А.А. Особенности калибровки пьезодатчиков при организации вибрационного контроля 116

Мусин И.И., Зиганшин Ш.Г. Внедрение регулятора перепада давления в систему теплоснабжения города 118

Мустафина Г.Р. Анализ энергетической ценности птичьего помета для получения биогаза 121

Мустафина Г.Р. Анализ различных видов органических отходов с целью получения биогаза в Российской федерации 124

Нуретдинов Р.Ш., Гапоненко С.О., Вибрационные методы диагностики технического состояния оборудования 126

Рахматулина И.И. Исследование влияния деформации теплоизоляционного слоя на тепловые потери в тепловой сети 129

Сабирова Л.Р. Применение нейронных сетей для автоматизации индивидуальных тепловых пунктов 132

Сергеева Д.В. Особенности организации системы теплоснабжения на обитаемой лунной базе 135

Тазитдинов Р.Р., Гапоненко С.О. Разработка методики контроля технического состояния трубопроводов 137

Трунов Д.А. Анализ исследования гидравлических режимов тепловых сетей 140

Тухватулина Д.Р. Методы повышения эффективности и надежности системы теплоснабжения 143

Федотова А.О. Особенности применения ветроэнергетики в Республике Татарстан 145

Хакимова Р.Р. Методы повышения энергетической эффективности зданий 148

Хворысткина А.М. Численное моделирование работы пластинчатого водяного теплообменника 151

Храмова Е.В., Музюкова Д.С. Эффективность использования парокомпрессионного термотрансформатора на различных источниках энергии 153

Чикунова Е.В. Метод свободных колебаний для определения коррозии в трубопроводных системах 156

Шаймурдов Р.Р., Сибгатуллина Г.Я. Повышение энергоэффективности административного здания путем применения энергосберегающих технологий 159

Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Захарова В.Е. Методика выявления и локализации дефектов энергетического оборудования 162

Юсупов Р.Д. Зиганшин Ш.Г. Внедрение системы вентиляции с рекуперацией тепла при теплоснабжении индивидуального дома 166

Якупова И.Д. Особенности организации процесса отведения теплоты в ближнем космосе 168

Якупова И.Д. Солнце как источник энергии в ближнем космосе 171

Секция 3. ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ И ТОПЛИВА, КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

Аджигитова А.А. Использование отходов потребления в технологиях очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов 174

Айкенова Н.Е. Очистка промышленных сточных вод от фенолов 176

Акимов Р.Ю. Повышение надежности электроснабжения с помощью тригенерационных установок в котельных 180

Барочкин Ю.Е., Зиновьева Е.В., Ледуховский Г.В. Кавитационно-струйный деаэратор в системах возврата конденсата отдаленных внешних потребителей ТЭС 181

Бурганова Ф.И., Зверев Л.О. Извлечение ванадия из золошлаковых отходов ТЭС 185

Гайфуллин А.И., Кабатов И.В. Работоспособность ГТУ General Electric PG6111FA на конденсационном режиме в разное время суток 187

Камалова Г.И. Обезвоживание жидкого котельного топлива 189

Латыпова Д. М. Методы снижения оксидов серы и оксидов азота 192

Макушин А.Н., Скобелев Н.А. Подготовка воды на предприятиях энергетики 194

Мансуров Д.Р., Гилязов А.И. Сорбционная очистка сточных вод от анионных СПАВ карбонатным шламом 196

Марьин Г.Е., Менделеев Д.И. К вопросу подготовки топливного газа для парогазовых энергоблоков 199

Мустаева Э.Ш., Салихов Т.Л. Повышение эффективного КПД на газовых турбинах и их марках 202

Набиуллина М.Ф., Лаптев С.А. Разработка рациональной компоновочной схемы установки регенерации отработанного масла 204

Нургалеев И.Р. Влияние структуры молекул углеводородов природного газа на термодинамические свойства продуктов сгорания 207

Сафронов А.В. Топливные баки из сферических сегментов 210

Скобелев Н.А., Макушин А.Н., Савина М.В. Увеличение выработки электрической мощности ПГУ с использованием котла-утилизатора с дожигающим устройством 213

Хуснутдинова Э.М. Очистка газовых выбросов промышленных предприятий от диоксида серы карбонатным шламом 216

Цветкова А.А. Прогнозирование расходов химических реагентов для обеззараживания воды на примере модели плавательного бассейна 219

Шарипов Т.М., Беденьгов И.В., Савина М.В. Перспектива модернизации паросиловой части схемы станции 221

Секция 4. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Билалова Л.Х., Насырова А.М., Фахрисламова Э.Р. Современный опыт энергосбережения зарубежных стран 225

Богданова Д.А. Оценка возможности использования метода рециркуляции дымовых газов на котлах малой паропроизводительности .. 228

Ву Нгок Зан Проблема контроля маслонаполненного электрооборудования хроматографом марки «ХРОМОС ГХ-1000» 231

Галяутдинова Л.Ф. Опыт оптимизации работы водопроводных очистных сооружений..... 234

Грачева Ю.А., Царюнов А.В. Кинетика и энергетические характеристики обезвоживания иловых остатков сточных вод..... 237

Иванова С.В, Картавцев С.В. Исследование влияния совершенствования схемы энергообеспечения ВТПУ на относительную величину потерь через ограждения 240

Кашапова А.Р. Исследование проблемы нерационального расхода теплоносителя в децентрализованной системе горячего водоснабжения..... 242

Кургунов М.А. Лабораторная установка для исследования вихревого эффекта..... 244

Мингазов А.И. Повышение эффективности тепломассообменных процессов в малогабаритных аппаратах охлаждения оборотной воды 247

Нгуен Зуи Хынг Определения антиокислительной присадки в трансформаторном масле методом капиллярной газо-жидкостной хроматографии..... 250

Нигматуллин Р.Р. Сравнительный анализ органических растворителей .. 252

Нурисламов Ф.Ф. Анализ сорбционных характеристик бентонитовых глин Биклянского месторождения..... 255

Петров В.Ю., Шарапов Т.Р., Шакурова Л.И. Энергосбережение в России 258

Петров В.Ю. Применение модифицированной бентонитовой глины в качестве сорбента для очистки сточных вод..... 261

Сеу Джару Г.Ж., Снигирева Ю.В. Оптимизация выработки электрической энергии с использованием солнечной установки и теплового насоса 264

Титов Н.С., Новиков В.Ф. Новые сорбенты на основе природных минералов..... 267

Хабибуллина И.Ф. Измерение теплопроводности волокнистых теплоизоляционных материалов трубопроводов тепловых сетей 270

Ялалов И.Ф, Тюряева С.А., Мамонов Р.В. Трофанчук В.М., Ахмеров А.В. Разделение и концентрирование в хроматографическом анализе..... 275

Ялалов И.Ф, Тюряева С.А., Мамонов Р.В., Трофанчук В.М., Ахмеров А.В. Методы интенсификации пробоподготовки в хроматографическом анализе 277

Секция 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Абдрахманов А.М., Шайдуллин Д.В. Информационное роботизированное устройство 280

Баянов А.И., Зайцев С.А., Сафин М.А. Автоматизированная система управления двигателями на базе оборудования SIEMENS 283

Белоусов Н.Н., Калимуллин Р.Р. Оценка эффективности применения на малых ТЭЦ комбинированных газовоздушных энергетических установок 285

Гимазетдинов И.Р., Богданова Н.В. Разработка автономной автоматической системы управления процессом утилизации бытовых отходов 288

Гиниятова Р.Р. Модернизация системы управления установки микрофильтрации 291

Закиров Д.Т., Богданова Н.В. Автономная блочно-модульная автоматическая установка водоочистки 294

Каюмов А.А., Васина А.Ю. Разработка автоматизированного печатающего устройства Брайля на основе лазерного выжигания 297

Малянов А.С., Павлыгина В.А. Использование вакуумного солнечного коллектора для отопления помещения 300

Минаева А.В., Сафин М.А. Проблемы внедрения автоматизации в производство 303

Мингазова А.Ш. Применение искусственных нейронных сетей для анализа риска банкротства страховых компаний 305

Нгуен Тиен. Оценка технико-экономических показателей систем теплоснабжения на основе рекуперации тепла потерь трансформаторов подстанций 308

Печников Д.С., Сафин М.А. Автоматизация котла ТГМ-84 на Уфимской ТЭЦ-4 311

Платонова А.В., Сафин М.А. Защита компьютерной информации с помощью распределенной базы данных Blockchain 314

Поплавский И.А., Сафин М.А. Эффективность САУ ТЭЦ в результате внедрения ПТК SPPA-T3000 317

Рязанова М.Э., Сафин М.А. Разработка нейронного регулятора при помощи MATLAB 320

Садыков В.О. Автоматизация создания трехмерных электронных управляющих схем 323
Сафаров И.М., Нуртдинов Р.Р., Шайдуллин Т.Ф. Анализ эффективности использования MES-систем 326
Сафиуллина Г.М., Богданова Н.В. Автоматизация и четвертая промышленная революция 329
Сергеев В.В. Разработка автоматизированного канала контроля продольных колебаний автомобиля LADAVesta 332
Сиразиева Г.Ф. SCADA-системы 334
Софьин А.В. Применение RFID систем в робототехнике 337
Уткин М.О., Николаев К.В., Фархутдинов М.М. Создание автоматизированной системы управления электродвигателем с помощью программируемого микроконтроллера ONI 339
Файзуллина Э.И., Плотников В.В. Предпосылки автоматизированного управления производством 343
Чахирев Л.В. Предпосылки создания автоматизированной системы управления с использованием элементов системного анализа 346
Черкасов А.С., Богданова Н.В., Ким К.В., Ким К.В. Термоэлектрические преобразователи в современной системе автоматизации работы предприятий 348
Шайдуллин Т.Ф., Сафин М.А. Автоматизация систем с помощью смарт-контрактов 352
Шайхутдинова А.Р., Сафин М.А. Автоматическая система управления теплицей при резких изменениях погодных условий 355
Шамсиев Р.Р., Яшагин С.Д. Разработка экспериментального стенда для тестирования электронного модуля на основе технологии RFID 358
ШамсиевР.Р., ЯшагинС.Д. Бесконтактный модуль Handsfree для домофона 361

Секция 6. ТЕПЛОФИЗИКА

Бадретдинова Г.Р. Эффективность осаждения частиц для моделей предварительных фильтров с различной геометрией 364
Бадретдинова Г.Р. Эффективность осаждения частиц для двух типов волокна с различной геометрией выступов 366
Галимова А.Р. Исследование различных видов экспериментальных вставок в отстойнике с целью повышения эффективности разделения водонефтяной эмульсии 369

Гареев Н.Ф., Гайнуллин Р.Н. Нестационарный теплообмен в начальном участке трубопровода 371

Гареева К.А. Интенсификация процессов сепарации мелкодисперсных частиц из запыленных газовых потоков 374

Зинуров В.Э., Петрова Т.С., Антонов М.А. Улавливание мелкодисперсных частиц пыли из запыленных газовых потоков на промышленных предприятиях 377

Зинуров В.Э., Салеева А.А., Бикташев И.А. Разработка сепарационных элементов для эффективной очистки сточных вод ТЭС от нефтепродуктов..... 380

Зотов Р.П., Кулай И.Г., Гареева К.А. Улавливание мелкодисперсных жидких частиц в газовых потоках на производственном объекте в ОЭЗ Алабуга «KASTAMONU» 382

Имамиева З.Р. Анализ сил, действующих на капли во вращающемся потоке эмульсии 384

Мубаракшина Р.Р. Разработка конструкции сепарационного устройства с двутавровыми элементами для очистки газа от твердых частиц..... 387

Nguyen Vu Linh, Galimova A.R. Improving the efficiency of a sump for treating waste water from petroleum products at oil refineries..... 389

Петрова Т.С., Галимуллин И.И. Седиментация полидисперсных твердых частиц в трапециевидном сепарационном устройстве с дугообразными элементами 391

Секция 7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

Калайда М.Л., Агеев П.В. Влияние кормовых добавок на физиологическое состояние атлантического лосося..... 394

Калайда М.Л., Ибрагимова Г.Д. Тихоокеанская белая креветка как перспективный объект аквакультуры..... 398

Калайда М.Л., Исмагилов Ф.А. Сомы пангасиус и африканский кларий – перспективные объекты фермерского рыбоводства..... 401

Калайда М.Л., Калайда А.А. Методы коммерческого потокового получения посадочного материала африканского клариевого сома в Европе..... 404

Кочеткова А.С. Качество воды озера Средний Кабан в районе сброса термальных вод Казанской ТЭЦ-1 407

Калайда М.Л., Петрова А.Ю. Тиляпия в структуре мировой аквакультуры 410

Калайда М.Л., Пиганов Е.С. Гибридизация сомов – актуальное направление в аквакультуре..... 413

Калайда М.Л., Саетов А.Р. Методы контроля эффективности работы рыбозащитных сооружений на водозаборах конденсационных станций 416

Калайда М.Л., Хамитова М.Ф., Бабикова В.В. Особенности видового состава биоценоза биофильтра на осетровом рыбоводном заводе..... 419

Лапин А.А., Вдовина С.Е. Антиоксидантная активность воды установок замкнутого водообеспечения кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» 422

Лапин А.А., Чернова А.Е. Биохимическое исследование гепато-протекторного сбора по антиоксидантным свойствам 427

Научное издание

МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2020
«ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

28–29 апреля 2020 г.

Материалы конференции

В трех томах

Том 2

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Под общей редакцией ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова

Компьютерная верстка И.В. Красновой
Дизайн обложки Ю.Ф. Мухаметшиной

Подписано в печать 24.11.2020.
Формат 60×84/16. Гарнитура «Times New Roman».
Усл. печ. л. 19,6. Уч.-изд. л. 25,69. Тираж 250 экз. Заказ № 5207.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51