

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский государственный энергетический университет»**

**МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
XII МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»**

26–28 апреля 2017 г.

Казань

В трех томах

*Под общей редакцией
ректора КГЭУ
Э.Ю. Абдуллазянова*

Том 2

Казань 2017

УДК 317.334
ББК 31.2+31.3+81.2
М34

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор Казанского национального
исследовательского технологического университета *А.Н. Николаев*;
кандидат технических наук, проректор по научной работе Казанского
государственного энергетического университета *Э.В. Шамсутдинов*

М34 **Материалы докладов XII Международной молодежной
научной конференции «Тинчуринские чтения» / под общ. ред.
ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. В 3 т.; Т. 2. – Казань: Казан. гос.
энерг. ун-т, 2017. – 412 с.**

ISBN 978-5-89873-481-7 (т. 2)

ISBN 978-5-89873-483-1

В сборнике представлены тезисы докладов, в которых изложены
результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и
студентов по проблемам в области тепло- и электроэнергетики,
ресурсосберегающих технологий в энергетике, энергомашиностроения,
инженерной экологии, электромеханики и электропривода, фундаментальной
физики, современной электроники и компьютерных информационных
технологий, экономики, социологии, истории и философии.

УДК 317.334

ББК 31.2+31.3+81.2

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук Э.Ю. АБДУЛЛАЗЯНОВ (гл. редактор); канд. техн. наук
Э.В. ШАМСУТДИНОВ (зам. гл. редактора); д-р пед. наук, профессор
А.В. ЛЕОНТЬЕВ; д-р техн. наук, профессор В.К. ИЛЬИН; д-р хим. наук,
профессор Н.Д. ЧИЧИРОВА; д-р техн. наук, профессор И.В. ИВШИН;
канд. физ.-мат. наук, доцент Ю.Н. СМИРНОВ; канд. полит. наук, доцент
А.Г. АРЗАМАСОВА

Материалы докладов публикуются в авторской редакции.

Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов

ISBN 978-5-89873-481-7 (т. 2)
ISBN 978-5-89873-483-1

© Казанский государственный
энергетический университет, 2017

НАПРАВЛЕНИЕ: ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА**СЕКЦИЯ 1. ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ**

УДК 621.165

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ
В ТУРБИННЫХ РЕШЕТКАХ**

АВЕРИН Н.И. ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ГРИГОРЬЕВ Е.Ю.

Турбина является самым распространенным двигателем для привода генератора электрического тока на тепловых и атомных электрических станциях. Простота и надежность конструкции, большая единичная мощность ставят турбину выше, чем другие двигатели.

Основным узлом турбин является проточная часть, состоящая из турбинных ступеней, которые в свою очередь состоят из сопловых и рабочих решеток. Здесь как раз и происходит движение пара в случае паровой турбины или горячих газов в газовой турбине, и именно здесь возникают самые большие потери в турбинах. Эти потери напрямую связаны с аэродинамикой турбинных решеток.

В ходе проведения исследований на физическом стенде [1] был разработан метод снижения концевых потерь путем установки системы оребрения на ограничивающих стенках. Система оребрения позволила снизить общий уровень потерь на 1 %.

Однако для полноты исследований необходимо получить внутреннюю картину течения рабочей среды. При физических испытаниях сделать это довольно проблематично в первую очередь с точки зрения трудоемких затрат, поэтому дальнейшее исследование проводилось численным методом. Результаты физических испытаний в этом случае использовались для верификации численной модели.

Для численного решения использовался инженерный пакет Ansys CFX-14. При создании математических моделей турбинной решетки сохранялись полное геометрическое и кинематическое подобие с экспериментальными моделями. В качестве рабочей среды был принят воздух при свойствах идеального газа, физические свойства воздуха (вязкость, теплопроводность) задавались автоматически встроенной библиотекой для воздуха при соответствующей температуре и давлении.

3D-модель турбинных решеток строилась в инженерном пакете Solid Works. В расчетной области – межлопаточном канале, строилась сетка в виде призм, четырехгранников, октаэдров, тетраэдров, общая размерность сетки в зависимости от рассматриваемого варианта турбинной решетки (высоты) была в пределах $(0,5 \dots 1,5) \cdot 10^6$ элементов.

Турбулентное стационарное течение вязкой среды моделировалось осредненными по Рейнольдсу уравнениями Навье-Стокса. Степень турбулентности входного потока рассчитывалась с помощью стандартной k - ϵ -модели. Полагалось, что на поверхностях стенок трубопровода выполняются условия прилипания, а теплообмен с наружной поверхности и внутренними элементами не учитывается.

В качестве входных граничных условий при проведении расчета задавалось полное давление и противодавление на выходе из турбинной решетки, равное атмосферному; начальный уровень турбулентности (степень турбулентности) на уровне 5 %, температура потока 20 °С, абсолютное значение шероховатости стенок 10 мкм.

Полученная внутренняя картина течения подтвердила высокую эффективность предложенной системы оребрения с точки зрения снижения конечных потерь в турбинных решетках. В картине течения не выявлено возникновение характерных парных вихрей. А полученная зависимость изменения коэффициента потерь от длины лопатки (рисунок 1) позволяет сделать вывод о высокой роли системы оребрения ограничивающих полок на снижение потерь в турбинных решетках с малой длиной лопатки.

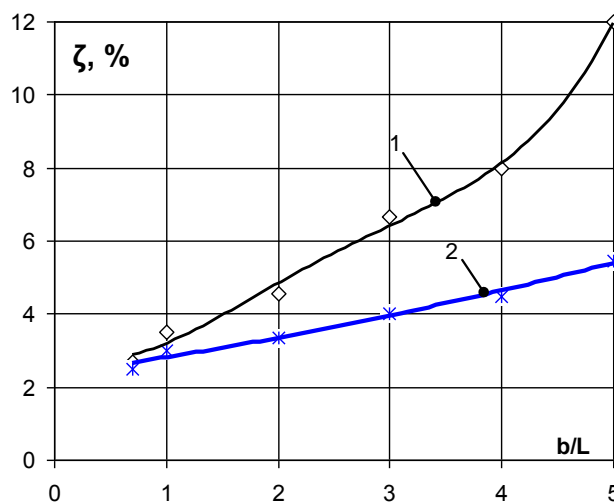


Рис. 1. Зависимость коэффициентов потерь в турбинной решетке С9012А в зависимости от относительной высоты лопаток, здесь 1 – для стандартной решетки, 2 – в случае использования направляющих ребер на ограничивающих пластинах

Литература

1. Аверин Н.И. Разработка и исследование способов снижения потерь в турбинных решетках / Н.И. Аверин, Е.Ю. Григорьев, А.Е. Зарянкин // Теплоэнергетика «Энергия-2016»: XI международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Иваново, 5-7 апреля 2016 года: материалы конференции. – Иваново: УИУНЛ ИГЭУ.– 2016.– Т.1. – С.194.

УДК 621.311

**ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАТНОГО ОСМОСА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ОБЕССОЛЕННОЙ ВОДЫ ИЗ МОРСКОЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЯХ В РЕСПУБЛИКЕ ЙЕМЕН**

АЛИ ЯЗИД С.С., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор ЧИЧИРОВА Н.Д.

Сейчас средняя обеспеченность водой в Республике Йемен составляет 100-200 кубометров в год вместо положенных по международным стандартам 1000 кубометров. Среди важных факторов, сокращающих количество пресной воды в стране, называют сельское хозяйство. Правительство Йемена рассматривает варианты выхода из сложившейся ситуации [1]:

- 1) сокращение сельхозугодий за счет роста импорта продуктов;
- 2) строительство предприятия по опреснению морской воды.

Исходя из сложившейся ситуации, промышленным предприятиям приходится использовать установки для опреснения морской воды.

Упрощенная схема технологического процесса для системы обратного осмоса, используемой National Cement Company (Yemen – Lahij), показана на рисунке 1. В системе переработки соленой воды с помощью обратного осмоса, показанной на рисунке 1, не показан промывочный бак.

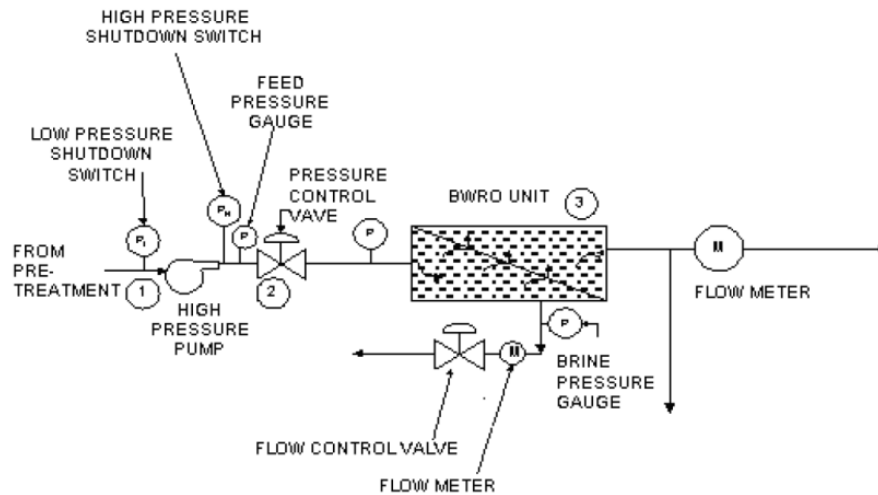


Рис. 1. Принципиальная схема установки обессоливания морской воды [2]

В схеме присутствуют датчики давления и температуры и арматура, которые используются для защиты насоса высокого давления и обратноосмотические модули. На рисунке 1 показаны насос высокого давления (точка 1), который создает давление воды в системе питательной воды; нагнетательная линия после насоса имеет клапан регулировки давления (точка 2), который ограничивает давление подачи воды для защиты установки; обратноосмотический модуль (точка 3).

Давление питательной воды регулируется, чтобы компенсировать температуру питательной воды и требуемого количества воды. Каждый насос высокого давления подает воду только на один из обратноосмотических модулей. Каждый блок может состоять из нескольких сосудов под давлением, смонтированных на стальной стойке.

Литература

1. Интернет-источник: <http://www.thetimes.co.uk/> – Yemen could become first nation to run out of water – The Times.

2. Operation & maintenance manual for sea water RO Plant of Capacity 2x588 m³/day + 2nd Pass 2x500 m³/day.

УДК: 621:311.22

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МОТОРНОГО РЕЖИМА НА ЭНЕРГБЛОКАХ ПГУ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

АНДРЮШИН К.А., МЭИ, г. Москва

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор АРАКЕЛЯН Э.К.

Одна из эксплуатационных проблем ПГУ заключается в значительном отличии показателей маневренности газовых и паровой турбин между собой. Так, после останова на 8-10 часов газовая турбина пускается за 10-15 мин., тогда как для пуска паровой турбины потребуется 60-65 мин. Это приводит к тому, что при останове ПГУ с целью резервирования мощности или при вынужденных и аварийных ее остановах общая длительность последующего пуска определяется в основном длительностью пусковых операций паровой турбины. При этом вынужденный сброс выработанного котлами-утилизаторами ПГУ пара в конденсатор из-за неготовности паровой турбины к его приему приводит к значительным потерям тепла в процессе пуска. Аналогичная проблема возникает при работе теплофикационной ПГУ в режиме с максимальной тепловой нагрузкой с полным снятием электрической мощности с паровой турбины путем ее останова и сбросом пара высокого и низкого давлений на подогреватели сетевой воды.

Указанная проблема обуславливает необходимость разработки новых технологических решений для поиска возможностей частичного или полного резервирования мощности ПГУ с обеспечением системных требований по надежности и маневренности оборудования ПГУ.

Модельные исследования, проведенные в НИУ «МЭИ» по расширению регулировочного диапазона ПГУ и повышению их маневренности и, в частности, возможности применения моторного режима (МР), показали техническую возможность его применения для решения указанной выше проблемы.

Под МР турбоагрегата понимают режим его работы с прекращением подачи рабочего пара в турбину без отключения турбогенератора от сети. Последний переходит в режим двигателя, потребляя из сети активную мощность, необходимую для преодоления механических и вентиляционных потерь мощности в турбине и электрических и механических потерь в турбогенераторе.

В настоящем докладе рассматриваются особенности применения МР при работе ПГУ-450 в конденсационном режиме, как альтернативы останова паровой турбины. Технология перевода турбины Т-150-7 в МР следующая (принято, что параллельно с рассматриваемой ПГУ находится под нагрузкой аналогичная ПГУ): ПГУ разгружается до полного снятия электрической нагрузки без отключения генератора паровой турбины от сети с последующим остановом газовых турбин и котлов-утилизаторов; для охлаждения проточной части цилиндров паровой турбины в нее подаётся небольшое количество пара, а в конденсаторе поддерживается вакуум, что обеспечивает поступление пара в конденсатор и его конденсацию; для работы передних и концевых уплотнений в них подается необходимое количество пара по штатной схеме.

Такая организация подачи охлаждающего пара в турбину при ее работе в МР обеспечивает допустимое температурное состояние всех ступеней турбины. При этом длительность стабилизации температурного состояния лопаток паровой турбины составляет 10-15 мин., после чего она может работать в таком режиме длительное время.

Показано, что основным параметром, определяющим температурное состояние проточной части турбины, затрат мощности генератором и на собственные нужды, является давление в конденсаторе. В работе получены соответствующие зависимости для расчета основных показателей МР в зависимости от давления в конденсаторе, для зимнего и летнего режимов определено оптимальное значение давления в конденсаторе.

Одной из особенностей работы паровой турбины в МР заключается в возможности управления ее температурным состоянием путем изменения расходов и параметров охлаждающих потоков пара, что позволяет перед ее пуском создать необходимое тепловое состояние паровпускных элементов паровой турбины. Это позволяет сократить длительность пусковых операций ПГУ до 40 мин. вместо 80-90 мин. при пуске после ночного останова.

На базе полученных оптимальных показателей МР рассчитана целесообразная длительность (по отношению к останову паровой турбины) перевода паровой турбины в МР для зимнего и летнего режимов 11,5 и 14,0 часа, соответственно

Нужно отметить, что одновременно с повышением маневренности ПГУ перевод паровой турбины ПГУ в МР способствует улучшению также ее показателей надежности за счет исключения циклических температурных колебаний паровпускных органов паровой турбины, характерных при ее пуске в ходе набора оборотов и работы на холостом ходу.

УДК 621

УГОЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ

АСКАРОВ Ф.З., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент НИЗАМОВА А.Ш.

24 января 2012 года Правительством РФ была утверждена Программа развития угольной промышленности России на период до 2030 г. Она предусматривает осуществление процессов, способствующих понижению себестоимости и повышению спроса на угольное топливо.

За последние 10 лет мировое потребление угля выросло почти на 50 % (потребление газа – примерно на 30 %, нефти и атомной энергии – менее чем на 10 %). Уголь является одним из главных энергоресурсов, способных удовлетворить основные энергетические потребности растущего населения и развивающейся мировой экономики.

Конкурентные преимущества российской угольной отрасли заключаются:

- в наличии огромных (2-е место в мире) запасов угля, которых при существующем уровне добычи хватит примерно на 230 лет;
- в наличии значительного опыта использования этого энергоресурса;
- в возможности выхода на мировой рынок;
- в наличии существенных резервов повышения эффективности, многообразии различных видов угольной продукции и т. д.

В то же время существует целый ряд проблем развития отечественной угольной отрасли. В их числе:

- сокращение внутреннего спроса на энергетический уголь (это в большей степени связано с наличием в России больших запасов относительно недорогого природного газа, а также его более простой транспортировкой и менее экологически вредным сжиганием);
- высокая доля затрат на транспортную составляющую в цене угольной продукции;
- неостребованность повышения качества угля и т.д.

Одним из основных инновационных методов переработки угля является газификация, позволяющая получить горючий газ и полукокс.

Выбор метода газификации необходимо осуществлять на основе множества критериев и расчетов, которые позволят получить

максимальное количество энергии при минимуме финансовых затрат и отсутствии сильного воздействия на окружающую среду.

УДК 621.31

ЭКОНОМИЧНОСТЬ СЖИГАНИЯ МАЗУТА В КОТЛАХ ТГМ-84А С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЧЕСКИХ И ПАРМЕХАНИЧЕСКИХ ФОРСУНОК

АХМЕТОВА Р.В., ХУСАИНОВ Д.Г., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ТАЙМАРОВ М.А.

Перед сжиганием мазут подогревают до 70–90 °С. Температура подогрева может быть выше и ограничивается стойкостью сальников мазутных насосов. Переход на сжигание мазута вызывает понижение температуры продуктов сгорания на выходе из топки в среднем на 100 °С, в связи с чем КПД котла ТГМ-84Б при работе на мазуте понижается в среднем на 1 % по сравнению с работой на газе. Для поддержания температуры продуктов сгорания на выходе из топки на уровне 1100–1150 °С при работе на мазуте применяют подогрев воздуха при помощи паровых калориферов, размещенных перед основными регенеративными воздухоподогревателями, нагревающими воздух, подаваемый на горелки, до 220–225 °С. Скорость выгорания мазута зависит от диаметра капли, получаемой при распыливании мазута, который зависит от давления мазута перед форсунками. В форсунках типа «Ильмарине» с механическим распыливанием давление мазута как правило выше, по сравнению с акустическими ультразвуковыми форсунками типа ФУЗ-5000 и достигается более тонкое распыливание. Кроме того, форсунки типа ФУЗ имеют более длинный факел за счет наличия распыливающего и транспортирующего агента водяного перегретого пара, давление которого составляет 0,7–1,4 МПа в зависимости от изменения нагрузки котла ТГМ-84А от 250 до 420 т/ч. Расход пара на распыление составляет в среднем 0,17–0,43 кг на 1 кг мазута, причем наибольший расход пара 0,43 кг на распыливание мазута имеет место при паровой нагрузке 250 т/ч для котла ТГМ-84Б. Давление мазута в паромеханических форсунках составляет 1,6 МПа при нагрузке 420 т/ч.

УДК 621

ПРОМЫВКА СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

ВИНОГРАДОВ А.С., ВЛАСОВА А.Ю., г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, профессор ЧИЧИРОВА Н.Д.;
канд. техн. наук, доцент ВЛАСОВ С.М.

Эффективность функционирования системы теплоснабжения (СТ) жилого или производственного здания зависит от нескольких основных показателей: качества теплоносителя, величины рабочего давления, а также от своевременного проведения технического обслуживания.

Профилактические работы являются обязательным условием надежной эксплуатации СТ. В случае некачественных водоподготовительных мероприятий появляются отложения солей жесткости (*Ca* и *Mg*), окислов металлов и других органических и неорганических продуктов. Наличие отложений на поверхности теплообменного оборудования приводит к негативным последствиям: снижению тепловой производительности, увеличению температурных напоров, увеличению гидравлического сопротивления, потере топлива и мощности теплообменного оборудования.

Согласно СНиП 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы»: «... 3.10. Системы отопления, теплоснабжения, внутреннего холодного и горячего водоснабжения, трубопроводы котельных по окончании их монтажа должны быть промыты водой до выхода ее без механических взвесей».

Как правило, промывка требуется любой СТ, отработавшей более 5 лет. Чаще всего основным загрязнением подвергаются горизонтальные части труб и теплообменные поверхности. Например, при классическом боковом подключении радиатора отопления заливается нижний угол, рис. 1.

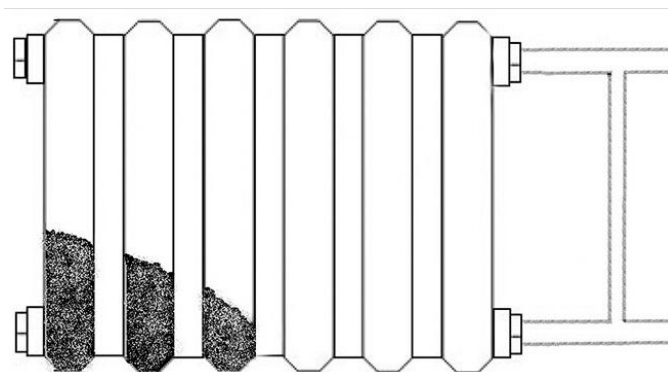


Рис. 1. Заиливание радиатора отопления жилого дома при боковом подключении

В СТ зданий применяют различные методы очистки от отложений и заиливания, рис. 2.

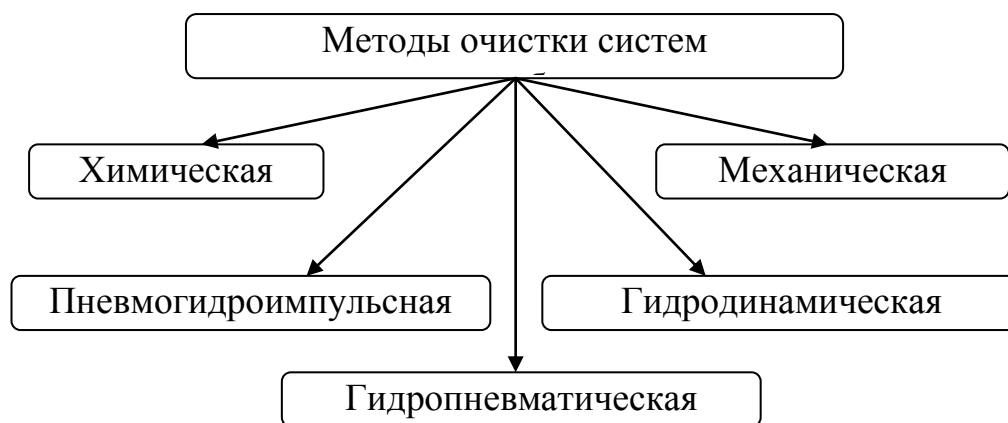


Рис.2. Структура методов очистки от отложений и заиливания в системах теплоснабжения

1. Химическая очистка (промывка) является одним из самых распространенных видов промывки СТ. Химическая промывка основана на применении кислотсодержащих и щелочесодержащих растворов, комплексонов. Промывки на щелочной основе требуют большего времени для вступления реактива в реакцию. Щелочная промывка более безопаснее для СТ. Растворы для промывки СТ могут иметь противопоказания при контакте с некоторыми металлами или покрытиями – алюминиевые сплавы.

2. Механическая очистка предусматривает обязательную разборку оборудования для прямого доступа к элементам, удаление происходит ручным или механическим инструментом.

3. Пневмогидроимпульсная промывка труб позволяет проводить промывку труб путем многократных импульсов. Кинетическая импульсная волна создает в воде, заполняющей СТ, кавитационные пузырьки из

газопаровой смеси, которые образуются вследствие прохождения через жидкость акустической волны высокой интенсивности.

4. Гидродинамическая промывка представляет собой разрушение и удаление отложений из СТ струёй воды, которая подаётся под давлением до 200 атмосфер. Таким способом в трубах можно счищать лишь водорастворимые наслоения.

По результатам применения данных методов на практике наиболее технически эффективными методами очистки считаются химическая промывка и гидродинамическая промывка. Как видно, каждый из традиционных способов очистки СТ обладает рядом недостатков, которые ограничивают их область применения.

УДК 621

ИССЛЕДОВАНИЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ И ОЧИСТКИ СУЛЬФАТСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТОВ НА МОДЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ

ВЛАСОВА А.Ю., МАМЛЕЕВА А.Р., ПЕЧЕНКИН А.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, профессор ЧИЧИРОВ А.А.;
канд. техн. наук, доцент ВЛАСОВ С.М.

По традиционной технологии установки водоподготовки (ВПУ) ТЭС подразделяются на два стадии: предварительная очистка исходной воды и ионный обмен (ИО). При регенерации ИО ВПУ ТЭС появляется большое количество сточных вод (СВ), которые нейтрализуются и сбрасываются. На ТЭС существует проблема превышения норм ПДК по концентрации сульфатов в СВ. Концентрация сульфатов может превышать ПДК в 10-15 раз. Принятые новые ФЗ устанавливают жесткие нормы ПДК на сбросы СВ в окружающую среду. В связи с ужесточением повышаются платы за сброс СВ ТЭС.

Для решения проблемы снижения концентрации сульфатов в СВ возможно использование следующих методов: патент RU № 2010013 «Способ очистки кислых сточных вод от ионов тяжелых металлов, включающий двухстадийное осаждение с использованием известкового молока и последующей обработкой карбонатом натрия», RU №2183336 «Способ нейтрализации кислых сульфатсодержащих сточных вод», SU № 1330078 «Способ очистки сточных вод от сульфатсодержащих ионов с применением известкового молока совместно с

алюминийсодержащим реагентом», RU 2448054 «Способ очистки кислых сточных вод от сульфатов тяжелых металлов, включающий двухстадийное осаждение с использованием известкового молока и последующей обработкой карбонат бария».

Для нейтрализации и очистки СВ ВПУ ТЭС от сульфатсодержащих компонентов разработан метод, основанный на применении экотоксичного кальцийсодержащего реагента.

Для проверки эффективности применения метода были проведены серии лабораторных экспериментов на модельном растворе, соответствующем СВ ИО ВПУ на ТЭС с содержанием сульфатов более 3,3 г/л. Изменение водородного показателя (рН) и общего солесодержания (ОСС) при нейтрализации модельного раствора с применением экотоксичного кальцийсодержащего реагента приведены на рисунке 1.

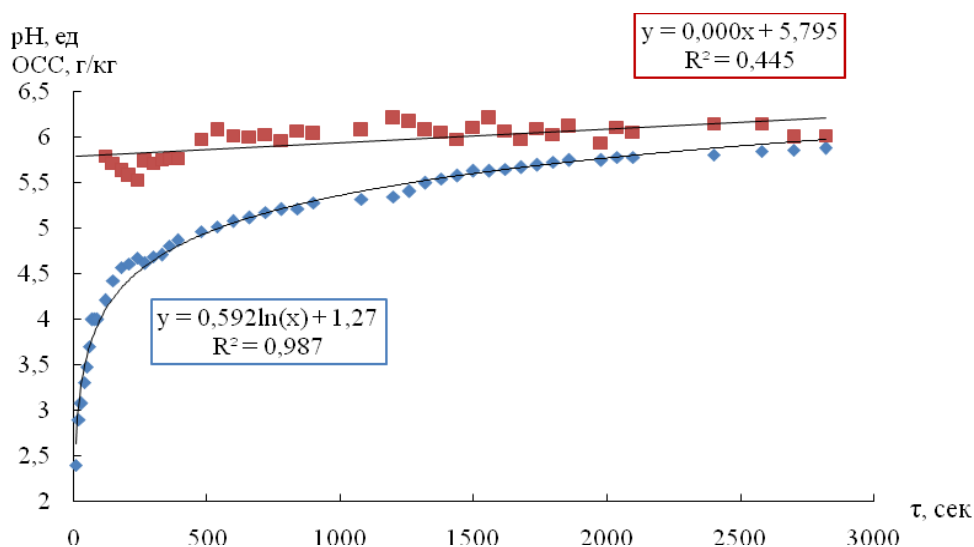


Рис.1. Изменение рН и ОСС при нейтрализации модельного раствора.

◆ - показатели рН (ед.), ■ – показатели ОСС (г/кг)

При протекании реакции образовалась осветленная вода с остаточным содержанием сульфатов менее 0,97 г/л и осадок желто-белого цвета – гипс.

По результатам лабораторных экспериментов было выявлено, что использование экотоксичного кальцийсодержащего реагента приводит к снижению агрессивности среды, нейтрализации и снижению сульфатсодержащих компонентов в СВ ТЭС. Содержание сульфатов снижается в 3 раза по отношению к исходному модельному раствору, имитирующему СВ ТЭС.

Литература

1. Федеральный закон РФ от 21.07.2014 № 219-ФЗ «Об охране окружающей среды».

2. Федеральный закон РФ от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении».

УДК 621.438

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ВХОДНОГО ПАТРУБКА ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА ГТУ

ГАЛЯМИН А.С. ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ГРИГОРЬЕВ Е.Ю.

Входной патрубок компрессора газотурбинной установки (ГТУ) является одним из важнейших элементов, от энергетической эффективности и надежности которого зависит последующий процесс сжатия в компрессоре.

Высокие показатели работы входного патрубка компрессора закладываются еще на стадии проектирования турбомшины. На первых промышленных и энергетических ГТУ входные патрубки выполнялись с обтекаемыми формами и зачастую отливались из чугуна [1], коэффициент гидравлического сопротивления таких патрубков практически никогда не превышал значения 0,1.

Однако с ростом единичной мощности ГТУ увеличивались и требуемые проходные площади по всей турбомашине для прохода рабочей среды (воздуха, дымовых газов) и, как следствие, общий рост габаритов турбомашин и входного сечения компрессора, в частности. С появлением парогазовых технологий ситуация с проектированием входных патрубков компрессоров резко ухудшилась. Использование горячих дымовых газов для выработки пара для паровой турбины в котле-утилизаторе требует использования развитого диффузора за ГТУ, и в этом случае наиболее часто генератор ГТУ располагается со стороны компрессора, что приводит к резкому осевому поджатию патрубка и, как следствие, ухудшению условий течения рабочей среды в нем.

Так, например, в ходе эксплуатации первой отечественной ГТУ-110 (ОАО «НПО Сатурн» г. Рыбинск) оказалось, что аэродинамическое сопротивление входного патрубка в 4-5 раз выше, чем у входных

патрубокв стационарных ГТУ малой и средней мощности. Отметим, что с такими же проблемами сталкиваются и зарубежные производители ГТУ для парогазовых установок.

Исправить положение возможно путем использования входных патрубков с плавными обводами стенок, здесь требуемые площади живого сечения оказываются меньшими, чем в случае выполнения патрубков сварными. Выполнить поставленную задачу в современных условиях возможно путем применения новых композитных материалов на основе стекловолокна.

Для экспериментальной отработки предложенного решения в лабораторных условиях был спроектирован и изготовлен физический стенд. В качестве нагнетателя использовался вентилятор центробежного типа ВР194-30 (ВЦ-10-28) с осевым входом воздуха, входной патрубок был изготовлен монолитной конструкции из композитного материала с обтекаемыми формами стенок. Расход рабочей среды в установке регулировался посредством установки дросселя на нагнетании вентилятора.

Средства измерений и программа испытаний предусматривали оценку коэффициента гидравлических потерь входного патрубка, а также коэффициента окружной равномерности подвода воздуха к входному сечению нагнетателя.

Проведенные испытания на различных режимах работы нагнетателя показывают, что коэффициент гидравлических потерь в таком патрубке не превышает 0,07, что довольно хорошо соотносится со схожим вариантом, представленным в справочнике [2].

Также необходимо отметить тот факт, что даже в условиях изготовления входного патрубка с низким аэродинамическим сопротивлением, проведенные измерения показывают довольно высокую окружную неравномерность полей скоростей рабочей среды, что ведет к ухудшению технико-экономических показателей работы первых ступеней компрессора.

Наиболее перспективным и простым вариантом в плане мероприятий по ликвидации окружной неравномерности видится установка специального выравнивающего экрана на выходе из входного патрубка перед компрессором. Выравнивающий экран должен представлять собой камеру с различной степенью перфорации и окнами, устанавливаемую ближе к выходному сечению патрубка с различной степенью перфорации по окружности, обеспечивающей с минимальными гидравлическими потерями равномерный удельный по окружности расход.

Необходимо понимать, что установка дополнительных поверхностей в проточной части исследуемого тракта ведет к росту потерь на данном локальном участке. Однако с учетом того, что гидравлическое сопротивление новой конструкции патрубка из композитного материала оказывается ниже в 3-4 раза, чем у стандартных патрубков ГТУ, то разработка выравнивающего экрана с низким уровнем потерь позволит получить в результате более аэродинамически эффективную конструкцию входного патрубка.

Литература

1. A.Stodola. Dampf-und gas-turbinen. Berlin, Verlag von julius springer: 1120 p.
2. Идельчик И.Е. Гидравлические сопротивления / И.Е. Идельчик – М.-Л.: Госэнергоиздат, – 1975, – 560 с.

УДК 621.311

ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПЕРЕГРЕВА ПАРА НА ТЭС РФ

ГАТАУЛЛИН Д.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ВЛАСОВ С.М.

В отечественных турбоустановках, а также за рубежом, при начальной температуре выше $t_0 \geq 540$ °С обычно применяют начальные давления пара 14,0 и 24,0 МПа без превышения допустимой степени влажности. Это достигается применением промежуточного перегрева пара.

Промежуточный перегрев пара применяется на паротурбинных электростанциях с целью повышения их КПД, а также для ограничения конечной влажности пара в турбине при высоком его начальном давлении, когда повышение начальной температуры ограничено по технологическим или экономическим причинам. Существует два принципа промежуточного перегрева пара:

– газовый, при котором вторично перегреваемый пар воспринимает теплоту продуктов сгорания топлива в котле. Такой перегрев может осуществляться: 1) в промежуточном пароперегревателе котла, расположенном в газоходе; 2) в отдельной топке котла; 3) в выносных пароперегревателях, оснащенных топками со сжиганием топлива в кипящем слое;

– паровой, при котором греющей средой является свежий пар, вырабатываемый котлом.

Применение газового перегрева пара позволяет довести температуру вторично перегретого пара до первоначальной, а при паровом перегреве – приблизительно до температуры насыщения греющего пара. Выбор способа перегрева пара зависит от начальных параметров пара, тепловой схемы установки и определяется технико-экономическими расчетами.

Однако использование промежуточного перегрева пара приводит:

- к значительному усложнению конструкции парового котла, имеющего в своем составе дополнительные пароперегревательные поверхности нагрева;

- усложнению системы главного пара и применению дополнительных протяженных паропроводов, направляющих пар от турбины к промежуточному пароперегревателю котла и обратно в турбину;

- повышенным потерям давления пара в дополнительных паропроводах;

- усложнению системы автоматического регулирования энергоустановки;

- повышению стоимости изготовления установки.

На сегодняшний день в Российской Федерации распространены энергоустановки лишь с одной ступенью промежуточного перегрева. Тогда как на Западе устанавливают вторую ступень промежуточного перегрева пара. Делают это по технико-экономическим соображениям.

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ НА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СТУПЕНЯХ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИ ОБЕССОЛЕННОЙ ВОДЫ

ГАФИАТУЛЛИНА А.А., ФИЛИМОНОВА А.А., ВИНОГРАДОВ А.С.,
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор ЧИЧИРОВ А.А.;
д-р хим. наук, профессор ЧИЧИРОВА Н.Д.

Одной из проблем при внедрении ПГУ являются более жесткие требования к качеству питательной воды котла-утилизатора, которые выше, чем для блоков с барабанными и прямоточными котлами.

Показатели питательной воды должны удовлетворять нормам «ПТЭ электрических станций и сетей РФ». Кроме того, устанавливается норматив на содержание общего органического углерода в питательной воде котлов-утилизаторов, который должен составлять не более 100 мкг/дм³.

В 2017 году на Казанской ТЭЦ-3 (КТЭЦ-3) планируется пуск ГТУ. В связи с этим в 2015-2016 гг. было проведено исследование качества обессоленной воды производства химического цеха станции. По результатам в обессоленной воде отмечалось превышение норм качества для питательной воды котла-утилизатора по нескольким показателям, в основном, по остаточному органическому углероду (более 600 мкг/дм³).

В связи с этим целью работы явилось выделение органических веществ из питательных вод КТЭЦ-3, установление структуры методами ИК- и УФ-спектроскопии, прогнозирование их поведения в котле-утилизаторе.

Исходя из литературных данных по элементному составу, электронным спектрам, ИК-спектрам поглощения, было установлено, что органическая фракция питательной воды более чем на 90 % соответствует гумусовым веществам, которые представляют смесь гуминовых кислот и фульвокислот. Соотношение фракций гуминовых кислот и фульвокислот в исследуемой воде составило 20/80 ±2 % соответственно.

Сопоставление физико-химических свойств и спектров выделенных органических веществ показывает, что источник органических веществ в питательной воде КТЭЦ-3 – исходная вода р. Волга. Был проведен анализ проб воды на всех промежуточных ступенях водоподготовки для изучения поведения органических веществ.

При производстве химически обессоленной воды на стадии предочистки в осветлителе удаляется примерно 50 % органических веществ. Из анализа исходной воды КТЭЦ-3 следует, что в составе природных вод более 50 % веществ, обуславливающих цветность, приходится на креновые кислоты (фракция фульвокислот). В то же время при любом виде коагуляции из воды в первую очередь удаляются гуминовые и апокреновые кислоты. Следовательно, при преобладании в воде креновых кислот основная масса органических веществ при реагентной коагуляции не удаляется.

По полученным результатам коагулянт при обработке воды адсорбирует гуминовую и большую часть апокреновой кислот. Остаточная цветность после коагуляции связана, в основном, со слабо адсорбируемыми креновыми кислотами. Основная масса углерода,

содержащегося в воде, приходится на апокреновую и креновую кислоты. Количество гуминовых кислот незначительно (0,02-0,9 мг/л) и почти не сказывается на количестве органического углерода.

Далее при производстве химически обессоленной воды на ионитной химически обессоливающей установке гумусовые вещества проходят все ступени обработки и задерживаются, главным образом, на анионитном фильтре второй ступени (АпII). Однако, в химически обессоленной воде определяется значительное содержание органических веществ, поскольку нет контроля их на прохождение через АпII, а нормативы содержания не установлены. В связи с тем, что присутствие органических веществ в воде, поступающей на АпII в несколько раз выше, чем в дистилляте испарительной установки и основном турбинном конденсате, органические вещества попадают в химически обессоленную воду в значительном количестве. Остаточные органические вещества, присутствующие в питательной воде КТЭЦ-3 имеют большую молекулярную массу и размеры. Вследствие этого вероятен их проскок также и через фильтр смешанного действия.

В дистилляте испарительной установки и основном турбинном конденсате содержание органических веществ значительно меньше, т.к. примеси представлены нелетучими высокомолекулярными соединениями – гуминовыми кислотами и фульвокислотами и, следовательно, практически не могут попасть в воду после возгонки. В дистилляте испарительной установки и особенно в основном турбинном конденсате органические вещества состоят в основном из кислых черных смол. Однако небольшое присутствие гумусовых веществ в дистилляте испарительной установки и основном турбинном конденсате все же имеет место и обусловлено их переносом с паром и каплями в аппаратах многоступенчатой испарительной установки и в паровом котле.

По представленным данным можно спрогнозировать предполагаемое содержание органических примесей, попадающих в котел-утилизатор. При питании котла-утилизатора питательной водой КТЭЦ-3 ожидаемая концентрация органических веществ в конденсате пара – 100-150 мкг/л, в продувочной воде (при продувке 1 %) – 50-150 мг/л. Возможно отложение органических веществ на внутренней поверхности котла-утилизатора и образование шлама. Поэтому для питания котла-утилизатора необходима дополнительная очистка химически обессоленной воды от органических веществ.

УДК 534.21

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ РАБОТЫ ГОРОДСКОЙ КОТЕЛЬНОЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

ГОРБУНОВА О.А., КНИТУ-КАИ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ПАВЛОВ Г.И.

Объекты энергетики являются одними из интенсивных источников шума. Многие рабочие процессы в энергоустановках неизбежно сопровождаются генерацией акустической энергии (шума), которая представляет угрозу безопасности и здоровью людей, оказывает негативное воздействие на состояние окружающей среды. Особенно это характерно для крупных городов, где энергетические объекты располагаются в непосредственной близости к жилым зонам. В качестве примера можно привести городскую котельную г. Казани (далее – котельная), которая расположена на расстоянии 10 метров от ближайших жилых домов внутригородского поселка.

На данном объекте и в зоне его воздействия был проведен анализ акустической обстановки. Для этого на производственных участках, на территории открытой площадки предприятия, а также на территории расположенного рядом поселка были определены точки измерения, в которых производилась запись акустических сигналов. Кроме того, внутри помещений в зоне расположения предполагаемых источников шума одновременно с акустическим записывался и вибросигнал. Исследования показали значительное превышение предельных санитарных норм общего шума на территории жилой застройки в дневное и ночное время суток. Для достижения санитарных нормативов общий уровень шума на территории поселка должен быть снижен на 30 дБ.

Для выявления источников и причин возникновения повышенного шума и вибраций проведен анализ амплитудно-частотных характеристик акустических и вибрационных сигналов. Установлено, что основными источниками проникающего шума является следующее оборудование котельной: 4 источника в цехе сетевой воды (2 насоса и 2 электродвигателя), 1 редуктор в газорегуляторном пункте, 10 источников в дымососном цехе (6 насосов и 4 электродвигателя) и наружная газовая труба, подводящая газ горелкам котлов.

Шум всех источников, кроме наружной трубы, – широкополосный. Определены основные «энергонесущие» частоты шума: для источников

цеха сетевой воды и дымососного цеха – диапазон частот ниже 2000 Гц, для ГРП – средние частоты (от 1000 Гц до 3000 Гц). Наружная газовая труба издает тональный звуковой сигнал в диапазоне 900 - 1400 Гц.

С помощью программного обеспечения АРМ «Акустика» была смоделирована шумовая картина в помещении котельной с учетом основных точечных источников шума. Шумовые характеристики оборудования приняты на основании экспериментальных данных. Далее произведены расчеты распространения шума за пределы площадки котельной и создана акустическая модель района исследования. Полученная акустическая модель использовалась для оценки эффективности различных вариантов технических решений по снижению шума.

Таким образом, на основе анализа большого объема расчетных и измеренных данных, проведения технического осмотра оборудования котельной, оценки эффективности различных технических решений снижения шума с использованием расчетных шумовых карт разработан комплекс мероприятий, позволяющий значительно снизить влияние котельной на окружающую среду.

Предложен следующий комплекс наиболее эффективных методов снижения шума от основных источников котельной:

1. Установка насосов и электродвигателей на общие платформы с выполнением работ по обеспечению соосности и при необходимости динамической балансировки. Ожидаемое снижение уровня – 3-5 дБ.

2. Установка этих платформ на виброизолирующие крепления. Выполнение этих мероприятий должно обеспечить снижение уровня шума на 8-15 дБ.

3. Установка виброизолирующих вставок в трубы на входе и выходе из насосов и перед входом трубы в стену, а также виброизолирующих прокладок в точках опоры энергетического оборудования, для снижения структурного шума.

4. Установка глушителя-регулятора между газовым редуктором и выходной трубой, что позволит снизить шум до 30 дБ.

5. Перенос участка газопровода с высоты 8 метров на высоту 3 м над землей, оборудование виброизолирующими вставками и прокладками мест крепления трубы к стене котельной, установка на нее звукопоглощающего кожуха.

6. Установка с южной и восточной сторон котельной шумозащитного экрана, параметры экрана должны соответствовать: высота – 6 м, толщина ~ 0,12 м, длина – 300 м.

УДК 621.5

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ В КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКЕ

ДАВЛЕТБАЕВ С.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Э.А.

Теплоизоляция в технике низких температур защищает аппаратуру от притока тепла из окружающей среды. Требования к эффективности теплоизоляции низкотемпературного оборудования возрастают по мере понижения температуры. С одной стороны, увеличивается теплоприток через изоляцию, т.е. потери холода и, с другой стороны, резко возрастает стоимость потерь холода.

Теплота парообразования различных жидкостей, отнесенная к единице объема, тем меньше, чем ниже их температуры кипения. Следовательно, небольшое количество тепла вызывает испарение сравнительно большого количества сжиженного газа с низкой температурой кипения. Отсюда ясно, почему к теплоизоляции для низких температур предъявляются особенно высокие требования по уменьшению тепловых потоков через нее.

Основным требованием к теплоизоляции, применяемой в криогенной технике, является минимальная величина коэффициента теплопроводности. Коэффициент теплопроводности некоторых изоляционных материалов, применяемых при низких температурах, лишь в 1,5-2 раза больше теплопроводности спокойного воздуха, а аэрогель кремниевой кислоты имеет даже более низкий, чем у воздуха, коэффициент теплопроводности.

Теплообмен во всех видах низкотемпературной изоляции осуществляется излучением, теплопроводностью газа и твердого тела. Анализ теплообмена осложняется тем, что помещаемые в изоляционное пространство материалы имеют дисперсную структуру.

Теплоперенос теплопроводностью газа в широком диапазоне от атмосферного давления до высокого вакуума определяется отношением длин свободного пробега молекул газа между соударениями друг с другом и между соударениями их со стенками твердого тела. Расчет переноса тепла газом зависит от правильного подхода к оценке величины, определяемой структурой дисперсного материала.

Теплоперенос теплопроводностью в зернистых материалах обычно рассчитывают, принимая какую-либо упорядоченную укладку зерен.

Рассматривая зернистый материал, как слой беспорядочно расположенных зерен, в котором число касаний одного зерна с соседними взаимосвязано с пористостью материала, удалось получить новую формулу для определения коэффициента теплопроводности зернистых материалов. Использование теории контактного теплообмена позволило также найти зависимость коэффициента теплопроводности зернистых и волокнистых материалов от механического давления на них.

Лучистый тепловой поток в изоляции ослабляется в результате рассеяния и поглощения изоляционным материалом. Он задерживается также металлическими экранами в виде фольги или мелких частиц. Теория рассеяния излучения отдельными частицами продвинулась довольно далеко в своем развитии, чего нельзя сказать о теории переноса излучения в дисперсных средах. Сопоставление результатов экспериментального исследования вакуумно-порошковой изоляции с данными теории для отдельных частиц дает возможность оценить влияние различных факторов на рассеяние излучения малыми частицами в дисперсных средах.

УДК 621.311.22

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ РЕЖИМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЭС

ЗАКИРОВ А.О., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор ЧИЧИРОВА Н.Д.

При эксплуатации тепловой электростанции (ТЭС) необходимо обеспечивать надёжность водно-химического режима системы охлаждения при минимальных затратах на обработку воды. Обратные системы с градирнями обычно эксплуатируются при изменяющихся конденсационных нагрузках турбин, что приводит к изменениям расхода охлаждающей воды через конденсаторы потерь с испарением и капельного уноса из градирен. Соответственно меняется расход добавочной воды. Могут изменяться отборы обратной воды для использования в цикле ТЭС, а также расходы сточных вод, подаваемых в систему охлаждения. Непостоянен и солевой состав воды различных потоков, поступающих в оборотную систему. В результате солевой состав обратной воды может изменяться в довольно широких пределах и для обеспечения надёжной эксплуатации конденсаторов турбин необходимо соответствующим образом регулировать режим обработки воды.

Основные сложности возникают при определении необходимого расхода реагентов при очередной корректировке. Обычно применяемые зависимости позволяют только приближенно рассчитать требуемый расход, что снижает надёжность водно-химического режима и приводит к перерасходу реагентов. Более точные формулы сложны и увеличивают вероятность ошибок в процессе расчётов [1].

Стоит отметить, что испытания по определению эффективного или оптимального водно-химического режима (ВХР) системы оборотного охлаждения (СОО) проводятся на модельных реагентах. Зачастую результаты таких испытаний не совпадают с эксплуатационными испытаниями [2]. Вызвано это тем, что экспериментальное количество ингибиторов коррозии и оборотной воды во много раз меньше их же количества на ТЭС.

В статье [3] также говорится о проблемах водно-химического режима на примере системы технического водоснабжения II очереди Набережночелнинской ТЭЦ, на которой был произведён эксперимент. По данным эксперимента сделаны выводы, что количество солей, переходящее в отложения в СТВ II очереди, увеличивалось и достигло уровня, когда 40 % кальция и 60 % щелочности от поступивших с добавочной водой осаждалось. Концентрация фосфоната «Актифос 640Т», используемого как ингибитор отложений солей жесткости стала снижаться, несмотря на постоянное дозирование. Во время эксперимента в СТВ II очереди образовалось примерно 15 т отложений сложного состава, что, разумеется, недопустимо [3].

Контроль и оптимизацию водно-химического режима системы оборотного охлаждения тепловых электрических станций с градирнями рекомендуется проводить в соответствии с «Методическими указаниями по водно-химическому режиму оборотных систем охлаждения тепловых электростанций с градирнями» РД 34. 22. 103-94. В статье [4] оспариваются рекомендации настоящих Методических указаний (МУ). Авторами отмечено, что по рекомендации МУ, задание определённой концентрации ингибитора солей жесткости, исходя только из расчётов жёсткости воды, – неправильно и весьма рискованно.

Решением проблем химической обработки воды в системе оборотного охлаждения с градирнями тепловых электрических станций может стать применение автоматизированных комплексов по контролю режима работы СОО.

Литература

1. Бондарь Ю.Ф. Оптимизация водно-химического режима оборотных систем охлаждения с градирнями // Энергосбережение и водоподготовка. – 2008. – № 3. – С. 8-10.
2. Дрикер Б.Н. Выбор ингибиторов коррозии для систем водоснабжения / Б.Н. Дрикер, С.А. Тарасова, А.Н. Обожин, А.Г. Тарантаев // Энергосбережение и водоподготовка. – 2012.–№ 5. – С. 2-5.
3. Власов С.М. Поддержание оптимального водно-химического режима системы технического водоснабжения с градирнями/ С.М. Власов, Н.Д. Чичирова // Материалы докладов VIII международной молодёжной научной конференции «Тинчуринские чтения». – 2013.– Т. 2. – С. 171.
4. Терентьев В.И. Выбор оптимального зонно-химического режима работы водооборотных систем охлаждения с градирнями / В.И. Терентьев, С.В. Караван // Энергосбережение и водоподготовка. – 2007.– № 3. – С.20-22.

УДК 658.264:621.184.76

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

ЗАКИРОВА И.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор ЧИЧИРОВА Н.Д.

В современных условиях развития экономики нашей страны одним из основополагающих направлений является улучшение состояния энергетического сектора за счет энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Для достижения поставленных целей необходимо внедрение энергосберегающих технологий в системах транспортировки, распределения и использования энергии.

В частности, для повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения, где потери тепловой энергии с поверхности изолированных трубопроводов составляют значительную долю, важно улучшить качество применяемых теплоизоляционных конструкций, что позволит снизить теплопотери.

Одним из способов повышения эффективности существующей тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей, состоящей из

минеральной ваты в качестве основного слоя и стеклопластика, в качестве покровного, является нанесение тонкопленочного покрытия на ее поверхность. Это приводит к снижению плотности тепловых потоков и как следствие, ведет к сокращению потерь тепловой энергии.

В рассматриваемой теплоизоляционной конструкции передача теплоты является сложным процессом, включающим перенос тепла кондуктивной теплопроводностью, излучением и конвекцией.

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований, где оценена каждая составляющая процесса передачи теплоты и определена степень влияния на общий процесс снижения плотности тепловых потоков теплоизоляционной конструкции с нанесенным тонкопленочным покрытием.

Экспериментально определены такие показатели как коэффициент теплопроводности, интегральный коэффициент излучения и воздухопроницаемость теплоизоляционной конструкции, состоящей из минеральной ваты, стеклопластика и тонкопленочного покрытия.

УДК 621.311.22

УСТАНОВКА ДЛЯ ВОСПОЛНЕНИЯ УТЕЧЕК ПАРОВОДЯНОГО ЦИКЛА ТЭС, СЖИГАЮЩЕЙ ГАЗОВОЕ ТОПЛИВО

КАСАТКИН К.А., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, профессор ОРЛОВ Г.Г.

Стремление создать малоотходные технологии при получении электроэнергии на ТЭС приводит исследователей к разработке комбинированных установок для получения не только электроэнергии и тепла, а также углекислоты и обессоленной воды из уходящих дымовых газов [1].

На рис.1 представлена предлагаемая нами установка для получения обессоленной воды из уходящих дымовых газов ТЭС для компенсации утечек в её цикле при сжигании газового топлива. Влага из дымовых газов котельного агрегата выделяется в контактном теплообменнике путем конденсации водяных паров из уходящих газов, отдавая тепло воде, циркулирующей по контуру: контактный теплообменник – вакуумный испаритель. Образовавшийся в испарителе пар направляется в поверхностный регенеративный подогреватель, а его конденсат – в конденсатор турбины, где и происходит ввод выделенной из уходящих дымовых газов воды в цикл ТЭС.

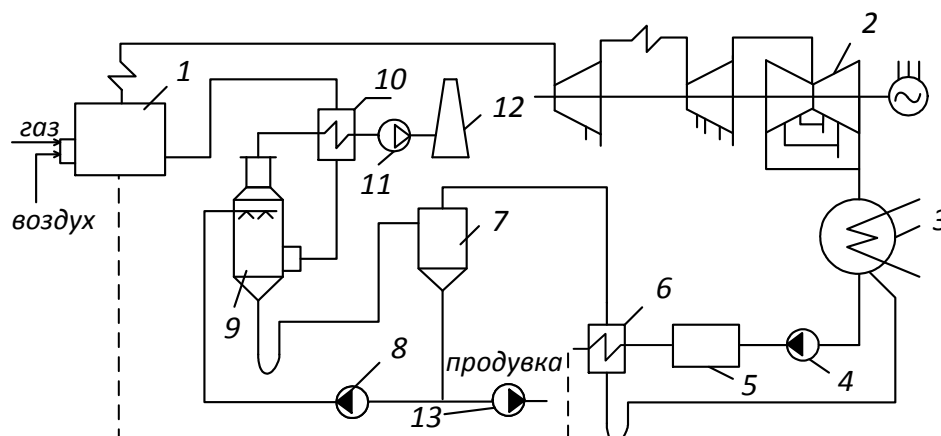


Рис.1. Установка для получения конденсата из уходящих дымовых газов котельного агрегата: 1 – котельный агрегат; 2 – турбогенератор; 3 – конденсатор; 4 – конденсатный насос; 5 – блочная обессоливающая установка; 6 – подогреватель низкого давления; 7 – вакуумный испаритель; 8 – циркуляционный насос; 9 – контактный теплообменник; 10 – подогреватель уходящих газов из теплообменника 9; 11 – дымосос; 12 – дымовая труба; 13 – насос продувки

Поскольку в контактном теплообменнике уходящие дымовые газы остывают, их необходимо нагреть, чтобы обеспечить тягу. Для этой цели используется подогреватель уходящих газов, в котором происходит теплообмен между горячими газами, уходящими из котла, и остывшими газами, уходящими из контактного теплообменника.

Основным расходом энергии на собственные нужды установки являются затраты энергии на насосы для перекачки воды по циклу контактный теплообменник – вакуумный испаритель и удаления продувочной воды. Также нужно учитывать расход энергии на электродвигатели приводов арматуры и средств автоматизации.

Для расчёта предложенной нами схемы была разработана программа в среде программирования Delphi, позволившая определить основные параметры составляющих установки, а также экономический эффект от её использования.

Как показали проведённые расчёты, применительно к блоку 800 МВт, в контактном теплообменнике можно получить от 32,0 до 48,0 т/ч конденсата водяных паров из уходящих газов, что вполне достаточно для компенсации утечек в цикле. Срок окупаемости установки не превышает 3-4 месяцев, а мощность собственных нужд установки около 200 кВт.

Литература

1. А.С. 78438 от 22.09.1980 / Орлов Г.Г. / М. клЗ F 25 В 29/00// Опубликовано 23.01.1981. Бюллет. изобр. № 3.

УДК 621.311.22

ВОСПОЛНЕНИЕ УТЕЧЕК В ЦИКЛЕ КОНДЕНСАТОМ ВЫПАРА ИЗ ТОПЛИВНЫХ СУШИЛОК ТЭС

КЛЮШКИН А.А, ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, профессор ОРЛОВ Г.Г.

При использовании на электростанциях влажного топлива иногда осуществляют его предварительную подсушку перед сжиганием в котельном агрегате. При подсушке снижается влажность топлива и повышается его теплотворная способность. Обычно бурые угли подсушивают с начальной влажности 30-39 % до влажности 12-14 %, а каменные угли с влажности 8-12 % до влажности 1-2 %. Благодаря удалению влаги улучшается сыпучесть угля, и его хранение и транспорт становится надежнее, улучшаются условия размола угля и повышается производительность мельниц. Сжигание топлива со стабильной влажностью происходит более устойчиво. Повышение теплотворной способности топлива позволяет выполнить котельный агрегат более компактным.

При предварительной паровой подсушке угля паровые сушилки и угольные мельницы с их вспомогательным оборудованием образуют общую сушильно-размольную систему. Оборудование такой системы пылеприготовления объединяют обычно в отдельную установку, расположенную в отдельном здании, которое называют *центральным пылезаводом* (ЦПЗ).

Общая технологическая схема электростанции включает в этом случае, кроме турбинной и парогенераторной установок, дополнительно ещё сушильно-размольную установку, которая имеет связь по пару с главной турбиной, а по размолотому углю связь с бункером пыли ЦПЗ и бункером пыли котла в главном корпусе. [1].

Основным теплоносителем и рабочим телом на ТЭС является вода и водяной пар, которые в процессе работы частично теряются, и эти потери приходится восполнять водой из химводоочистки (ХВО) ТЭС.

Чтобы сократить затраты на ХВО, нами была рассмотрена и рассчитана схема получения конденсата из водяных паров, выходящих из сушилки топлива (рис.1). В паровую сушилку подается топливо с влажностью 39 %, а на выходе подсушенное топливо имеет влажность 16 %. Пар на сушку топлива подается из отбора турбины и проходит через пароохладитель (ПО) для нагрева части питательной воды, что повышает

экономичность ТЭС, так как повышается температура питательной воды на входе в котел. Выпар из сушилок направляется в контактный теплообменник, где происходит частичная конденсация выделенной в сушилке влаги. Затем конденсат поступает в вакуумный испаритель через механический фильтр. Пар из вакуумного испарителя поступает на calorifiers котла, где осуществляется нагрев воздуха котла, а конденсат пара поступает в конденсатор турбины, тем самым компенсируются утечки цикла.

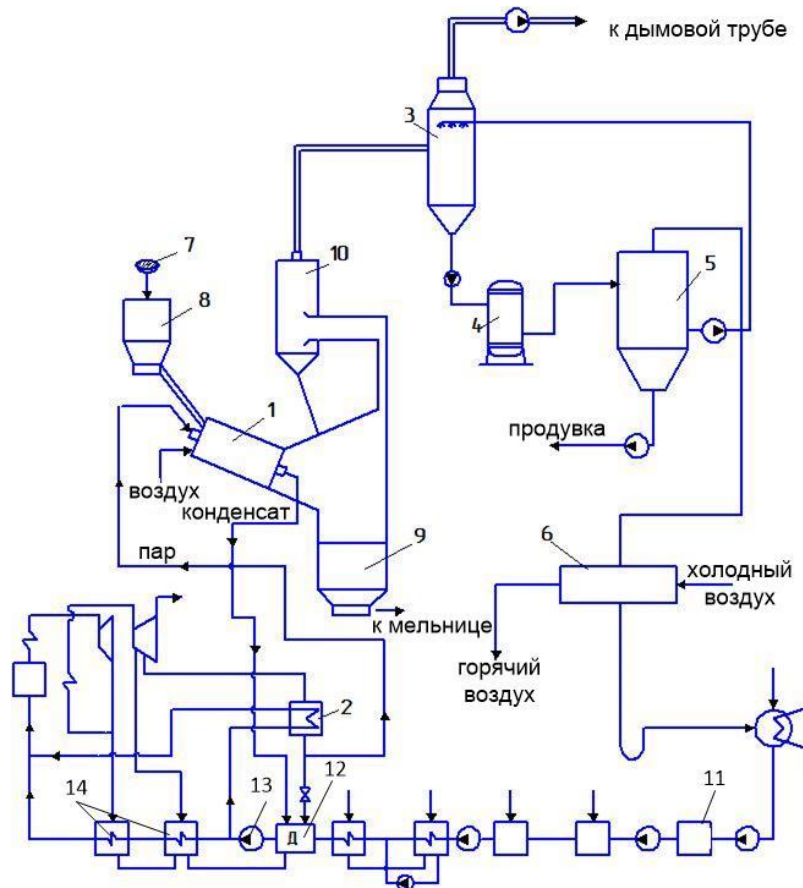


Рис.1. Схема использования влаги, выделенной при подсушке топлива в цикле электростанции: 1 – паровая трубчатая сушилка; 2 – ПО для пара, идущего на сушку топлива; 3 – контактный теплообменник; 4 – механический фильтр; 5 – вакуумный испаритель; 6 – calorifier котла; 7 – транспортер угля; 8 – бункер сырого угля; 9 – бункер сухого угля; 10 – циклон; 11 – блочная обессоливающая установка; 12 – деаэратор; 13 – ПН; 14 – ПВД

По расчётам при сушке угля можно выделить достаточно конденсата, чтобы восполнить потери в цикле, вызванные утечками.

Литература

1. Михайлов Н. М. Вопросы сушки топлива на электростанциях. – М.-Л.: «Госэнергоиздат». – 1957. – 152 с.

УДК 621.186.85

НЕСОБЛЮДЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА ОТПУСКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ С ГОРЯЧЕЙ ВОДОЙ ОТ ТЭЦ

МАГОМЕДСАЙГИТОВ Д.М., ЕРМОЛАЕВ Д.С., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент БАРОЧКИН А.Е.

Температурный график определяет режим работы тепловых сетей, обеспечивая центральное регулирование отпуска тепла. По данным температурного графика определяется температура подающей и обратной воды в тепловых сетях, а также в абонентском вводе в зависимости от температуры наружного воздуха.

Для крупных систем теплоснабжения в СССР получило широкое распространение использование температурных графиков 150/70 и 130/70. В настоящее время из-за проблем с надежностью при эксплуатации тепловых сетей на большинстве крупных ТЭЦ введены срезки температурного графика – ограничение температуры сетевой воды в подающей магистрали. Основными причинами введения срезки являются: превышение нормативного срока службы для трубопроводов тепловых сетей, неудовлетворительное техническое состояние линзовых компенсаторов, невозможность получения требуемой температуры сетевой воды из-за неудовлетворительного состояния теплофикационного оборудования на ТЭЦ, а также использование некоторых типов тепловой изоляции (например, пенополиуретана).

Анализ отпуска тепловой энергии с горячей водой от ТЭЦ в г. Ижевск, Пенза и Оренбург показывает, что фактическая срезка температурного графика занижена по сравнению с утвержденной срезкой. Для примера на рис. 1 приведено сравнение фактического отпуска тепловой энергии с горячей водой и утвержденного температурных графиков для Сакмарской ТЭЦ, расположенной в г. Оренбург, за 2015 г.

На Сакмарской ТЭЦ отпускает тепловую энергию по температурному графику 150/70 со срезкой на 130 °С при температуре наружного воздуха –24 °С. Фактическая срезка при этом составляет 118 °С. Также можно заметить, что при температурах наружного воздуха от +2 до –20 °С имеется значительная амплитуда колебаний температуры сетевой воды в подающей магистрали. Разброс температур в обратной магистрали гораздо меньше чем прямой. Это связано с тем, что персонал станции за счет изменения температуры теплоносителя в подающей

магистрالی старается удержать температуру в обратной магистрالی в установленных значениях.

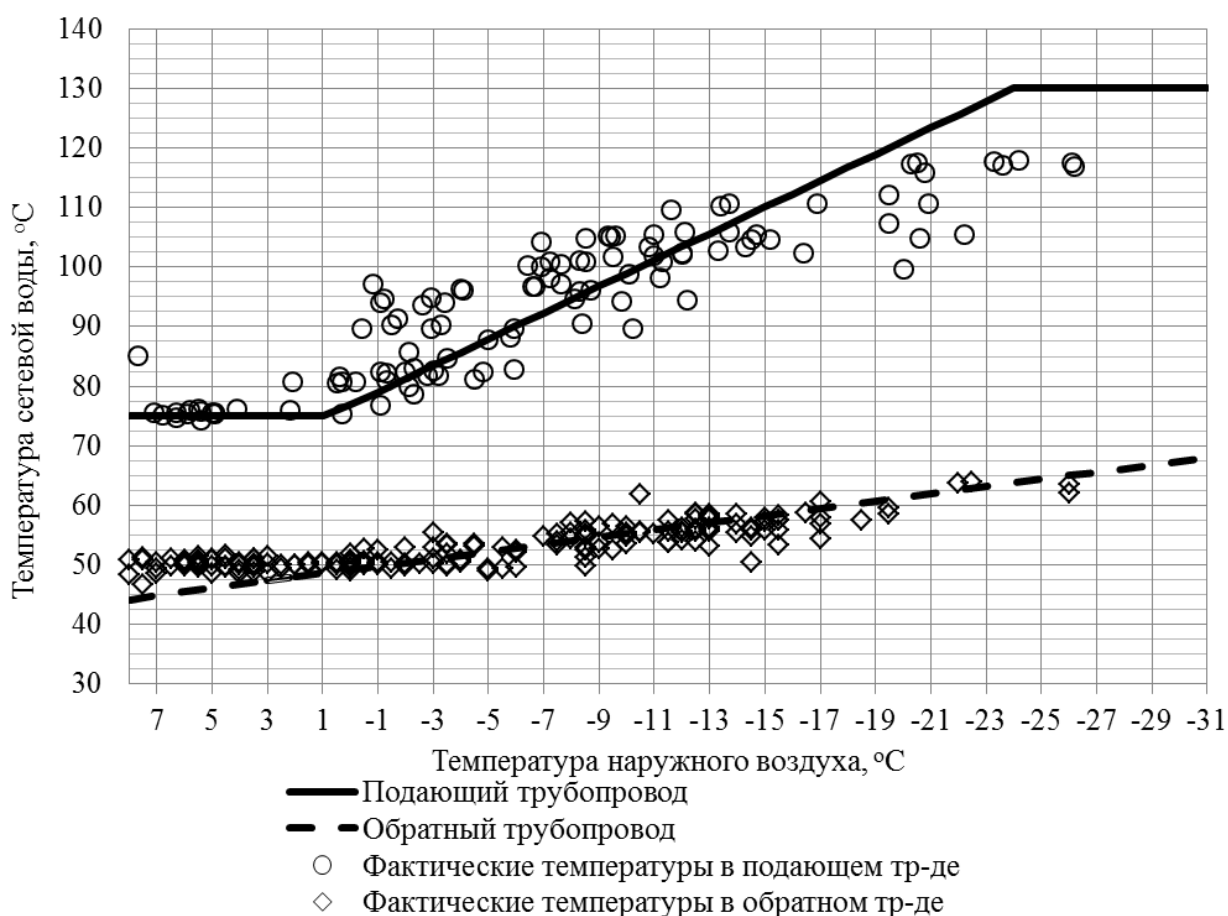


Рис. 1. Температурный график Сакмарской ТЭЦ за 2015 г.

В результате при температурах наружного воздуха от +2 до – 20 °C у потребителей имеет место перетоп – подача избыточного количества тепловой энергии с горячей водой, а при температурах ниже – 20 °C происходит недотоп – подача недостаточного количества тепловой энергии с горячей водой.

Основной причиной несоответствия фактической температуры теплоносителя в подающей магистрالی является разрегулировка тепловой сети, которая приводит к необходимости подачи завышенного количества теплоносителя в тепловую сеть.

Для приведения фактического температурного графика к утвержденному виду необходима наладка всей системы теплоснабжения от ТЭЦ с целью приведения расхода сетевой воды к нормативному значению.

УДК 621.311.22

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СУЛЬФАТОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТОВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ТЭС И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

МАМЛЕЕВА А.Р., МИНИБАЕВ А.И., ВЛАСОВА А.Ю., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, профессор ЧИЧИРОВ А.А.;
канд. техн. наук, доцент ВЛАСОВ С.М.

На сегодняшний день ТЭС и промышленные предприятия (ПП) являются одним из основных источников загрязнения водоемов за счет сброса сточных вод. ТЭС и ПП нередко превышают нормы ПДК сточных вод.

На ТЭС и ПП для снижения концентрации сульфатосодержащих компонентов в сточных водах могут быть использованы следующие методы:

1. Метод очистки кислых сточных вод от сульфатов тяжелых металлов с применением карбоната бария $BaCO_3$ – RU №2448054. На первой стадии обработка воды проводится известковым молоком (ИМ) (до pH 7,5-8) с последующим введением $BaCO_3$ и отделением от осадка. Применение $BaCO_3$ имеет существенные недостатки. $BaCO_3$ – токсичное вещество, его применение в промышленных масштабах затруднено.

2. Метод очистки сульфатосодержащих сточных вод с применением ИМ совместно с алюминийсодержащим реагентом – SU № 1330078. Известкование проводят при соотношении $CaSO_4$, равном 1:0,0016 – 0,6, в качестве алюминийсодержащего реагента используют осадок водопроводных станций, которые вводят перед известкованием. Недостатком данного метода является высокая цена ИМ, закупаемая для использования химводоочистки.

3. Метод нейтрализации кислых сульфатосодержащих сточных вод основанный на известковании ИМ с добавлением флокулянта – RU № 2355647. Нейтрализацию проводят 5%-ным ИМ (до pH 9,4-9,5), затем вводят анионный флокулянт в концентрации 5-8 мг/л и пиритные отвальные хвосты горнообогатительного производства в концентрации 2,5-10,0 г/л, содержащие железо и серу. Недостатком данного метода является высокая закупочная цена используемых реагентов.

Вышеперечисленные способы снижения концентрации сульфатосодержащих компонентов в сточных водах ТЭС и ПП являются дорогостоящими и экологически неэффективными. Появляется актуальная задача в разработке новых методов осаждения с более дешевыми и экотоксичными реагентами.

УДК 621.311.22

ПРОДУКТЫ ПИРОЛИЗА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

МАНИГОМБА Ж.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор ЧИЧИРОВА Н.Д.

Термическое разложение (пиролиз) твёрдых отходов – это разложение отходов без доступа воздуха под действием высокой температуры. В результате этого процесса получают твердые, жидкие и газообразные продукты. Твердые продукты остаются в виде древесного угля в аппарате, в котором ведется пиролиз, а жидкие и газообразные продукты выделяются совместно в виде парогазовой смеси. Парогазовую смесь разделяют путем охлаждения на конденсат (жижку) и неконденсирующиеся газы. Жижку перерабатывают в уксусную кислоту, метиловый спирт, смолу и другие продукты, а неконденсирующиеся газы сжигают как топливо в двигателях внутреннего сгорания.

При использовании технологии пиролиза в таком деле как переработка мусора существенно уменьшается загрязнение окружающей среды. Количество и химический состав продуктов пиролиза напрямую зависит от состава твердых бытовых отходов и температуры разложения. Из обычного мусора, переработанного при помощи пиролиза, мусороперерабатывающие заводы могут получить: электрическую энергию, тепловую энергию, печное топливо (аналог мазута), синтез-газ, жидкие топливные продукты (бензин, дизельное топливо).

Цели работы:

- Разработка схемы пиролизной установки.
- Исследование физическо-химического состава продуктов, полученных при пиролизе твёрдых бытовых отходов.
- Изучение состава пиролизного газа.
- Разработка схемы использования пиролизного газа в электроэнергетике.

В настоящее время самым известным продуктом пиролиза, используемым для производства электрической энергии, является пиролизный газ.

Выработка электрической энергии из пиролизного газа возможна двумя путями: 1. Пиролизная установка → Тепловой двигатель → Генератор; 2. Пиролизная установка → Паровой котел → Паротурбинная установка → Генератор.

Второй способ мы здесь не будем рассматривать, так как он требует огромного количества топлива при низком КПД.

Рассмотрим первый способ с использованием газодизельного двигателя. Газодизельный двигатель – это двигатель внутреннего сгорания, сконструированный на основе дизельного двигателя или переделанный из дизельного двигателя, топливом в котором является газ, например, метан. В конструкцию двигателя добавляется топливная аппаратура, испаритель, подогреватель газа, газовый редуктор, смеситель газа с воздухом; баллоны, если двигатель используется на транспортном средстве.

Так как температура воспламенения от сжатия газозвушной смеси составляет около 700 °С, а дизельное топливо воспламеняется при 320–380 °С, то топливный насос высокого давления и форсунки сохраняются, в цилиндры двигателя подаётся «запальная» доза дизельного топлива около 15 % от обычного расхода, то есть до переделки. Модернизированный двигатель также сохраняет возможность работы на дизельном топливе при отсутствии газа.

Возможна конструкция, когда в модернизированном дизельном двигателе устанавливается система со свечами зажигания, тогда газовый дизель превращается в обычный карбюраторный двигатель, работающий по циклу Отто. В этом случае работа двигателя на дизельном топливе невозможна.

УДК 621.311

ЭЛЕКТРОМЕМБРАННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ЩЕЛОЧНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

МИНИБАЕВ А.И., РАЗАКОВА Р.И., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, профессор ЧИЧИРОВА Н.Д.;
д-р хим. наук, профессор ЧИЧИРОВ А.А.

До недавнего времени в Российской Федерации плата за сброс была ничтожно мала и внедрение современных технологий и оборудования по

очистке стоков, имеющего, как правило, достаточно высокую стоимость и большой срок окупаемости, было экономически не оправдано. В настоящее время стратегия дальнейшего развития энергетической отрасли предполагает значительное увеличение ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду, что потребует использования на ТЭС нового экономичного оборудования с высокими экологическими показателями.

Создание экологически безопасной ТЭС возможно по двум направлениям:

- разработка и внедрение экономичных и экологически совершенных технологий подготовки добавочной воды парогенераторов и подпиточной воды теплосети;

- разработка и внедрение технологий максимально полной переработки и утилизации образующихся сточных вод с получением и повторным использованием в цикле станции исходных химических реагентов.

Наиболее перспективными являются электромембранные технологии обработки воды, позволяющие исключить сбросы солей и потребление воды на собственные нужды водоподготовительных установок (ВПУ) [1].

Результатом внедрения разработок с использованием электромембранной технологии является перспектива создания замкнутых производственных циклов при минимизации производственных отходов, сокращение удельного потребления природных ресурсов и энергии.

Использование электромембранных аппаратов в схемах переработки и утилизации стоков позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду за счет полного исключения сброса, а также получить дополнительный экономический эффект за счет выделения из стоков ценных компонентов, возвращаемых в производственный цикл.

В настоящее время в нашей стране ряд компаний имеет положительный опыт внедрения электромембранных технологий на различных промышленных объектах.

Казанская ТЭЦ-3 – самая мощная станция Казанского энергорайона. В течение ряда лет на станции осуществлялось поэтапное внедрение современных технологий, направленных на снижение себестоимости обессоленной воды, сокращение потребления исходной воды, химических реагентов и создание замкнутого цикла водопотребления с полным исключением стоков.

Для реализации бессточной схемы водопользования в химическом цехе Казанской ТЭЦ-3 была произведена наладка ЭМУ, в варианте

электромебранного концентратора, монтаж линии подачи щелочных сточных вод (ЩСВ) с баков накопителей на бак-накопитель продувки ЭМУ для утилизации ЩСВ.

При работе ЭМУ исходные ЩСВ разделялись на два продукта: концентрат и дилуат. Концентрат ЭМУ – концентрированный щелочной раствор с концентрацией щелочи 3,12 масс. % подавали в бак крепких щелочных вод для повторного использования при регенерации анионитовых фильтров первой ступени, а дилуат – умягченную частично обессоленную воду – в бак хим. очищенной воды, используемой для подпитки теплосети.

Таким образом, при утилизации ЩСВ на ЭМУ нет расхода реагентов, а отходы не образуются.

Данная схема может быть использована как при строительстве новых станций, так и при модернизации существующих.

Литература

1. Н.Д. Чичирова. Электромебранные технологии в энергетике / Н.Д. Чичирова, А.А. Чичиров, Т.Ф. Вафин. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2012. – 260 с.

УДК 621.311.22

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НА НОВО-САЛАВАТСКОЙ ТЭЦ

ПЕЧЕНКИН А.В., ВЛАСОВА А.Ю., МАМЛЕЕВА А.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, профессор ЧИЧИРОВА Н.Д.;
канд. техн. наук, доцент ВЛАСОВ С.М.

При эксплуатации ТЭЦ необходимо большое количество очищенной и обессоленной воды для подпитки теплосети, добавки, питания котлов высокого давления. Проектная производительность обессоливающей установки (ОУ) ХВО-1 Ново-Салаватской ТЭЦ составляет 850 т/ч.

На первой стадии известково-коагулированная осветленная вода после осветлителя (Осв) подается на 2 нитки ОУ. В механических фильтрах (МФ) осветленная вода освобождается от взвешенных веществ. В Н-катионитовых фильтрах (Н-ф.) I ступени происходит удаление катионов: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , которые обмениваются на катион H^{+} . На анионитовых фильтрах (Ан-ф.) I ступени происходит удаление анионов

сильных кислот SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- на гидроксильные ионы. Далее, частично обессоленная вода поступает на Н-ф. II ступени, в которых происходит обмен катионов Na^+ , оставшихся после Н-ф. I ступени, а также попавших в обрабатываемую воду из Ап-ф. I ступени из-за преждевременного включения их в работу, на H^+ . Из Н-ф. II ступени обрабатываемая вода поступает в Ап-ф. II ступени, в которых происходит удаление SiO_3^- , CO_3 кислот. Также используются баки для сбора и хранения частично-обессоленной (БЧОВ) и обессоленной воды (БОВ). После Ап-ф. II ступени обессоленная вода подается в котлотурбинный цех (КТЦ):

Осв → МФ → Н-ф. I → Ап-ф. I → БЧОВ → Н-ф. II → Ап-ф. II → БОВ → КТЦ

При регенерации Н- и Ап-фильтров образуются высокоминерализованные отработанные регенерационные растворы с высоким содержанием агрессивных веществ, которые нейтрализуются на установке очистки сточных вод и сбрасываются в систему технического водоснабжения и ООО «Газпром нефтехим Салават». Концентрация некоторых веществ в этих растворах превышает ПДК в 10-15 раз, что влечет за собой огромные штрафные санкции.

Существующие технологии и методы позволяют сократить превышения ПДК в сточных водах ТЭС. Наиболее рациональными методами является осаждение веществ, при помощи: известкового молока с добавлением гидрофосфата Na; известкового молока с добавлением Ba; известкового молока с добавлением высокоосновным оксихлоридом алюминия $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$.

УДК 621.311.22

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

ПРОСВИРНИНА Д.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ВЛАСОВ С.М.

На сегодняшний день экспериментальные исследования на лабораторных установках при масштабном переходе от промышленных являются актуальными с точки зрения техники безопасности рабочего персонала и аварийности на тепловых электрических станциях (ТЭС).

По анализу литературных данных с 2001 года выполнялись экспериментальные исследования на макетах градирен, уменьшенных в 640 раз, для изучения и определения различных характеристик: влияния вихревой структуры течений на эффективность охлаждения испаряющийся воды, тепломассообмен и теплообмен, определение накипеобразующих свойств подземных вод и эффективности методов предотвращения накипи в системах и др.

Вышеперечисленные лабораторные стенды имеют свои недостатки, так как были выполнены не с оригинальными частями тепломеханического оборудования и аппаратов ТЭС, не для комплексных исследований реальных рабочих сред градирни. При проектировании макетов взяты только области градирни, не учитывающие геометрические характеристики чаши.

Лабораторный стенд «Установка водооборотного охлаждения – 0,3» («УВО – 0,3») несопряженной независимой системы оборотного водоснабжения с гиперболической башенной градирней с принудительной тягой, представленный на рис. 1, имитирует реально действующую градирню с площадью орошения 3200 м².



Лабораторный стенд «Установка водооборотного охлаждения – 0,3»

УДК 621.311.22

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ, МОДЕЛИРУЮЩЕЙ РАБОТУ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ТЭС С ОБРАТНООСМОТИЧЕСКИМИ МОДУЛЯМИ

САИТОВ С.Р., КИРИЛЛОВА Н.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. ЧИЧИРОВА Н.Д.

В последние годы требования к экологической безопасности промышленных предприятий становятся все строже (п. 2 ст. 16 ФЗ РФ от

10.01.2002 № 7, Постановление Правительства от 12.06.2003 № 344, ФЗ РФ от 23.11.2009 № 261, ФЗ РФ от 19.07.2011 № 89, ФЗ РФ № 52, ФЗ РФ от 27.12.2002 № 184), благодаря чему стали актуальными направления исследования, связанные с защитой окружающей среды и рационализацией природопользования.

Одним из перспективных направлений является защита водоисточников от сбросов с водоподготовительных установок (ВПУ) тепловых электрических станций, согласно которому необходимо уменьшать потребление химических реагентов, а также сокращать объем сточных вод. Методы водоподготовки, применяемые сегодня (преимущественно ионный обмен), недостаточно экологичны и слабо автоматизированы.

С точки зрения защиты окружающей среды и повышения комфортности эксплуатации наиболее эффективно подходят баромембранные технологии, так как они осуществляют безреагентный метод обессоливания воды, при этом установки обратного осмоса (УОО) компактны, а главное высоко автоматизированы.

Но и здесь возникают проблемы. Обратный осмос даёт большой объем стоков за счет низкого коэффициента использования исходной воды, что делает данную технологию неэффективной с точки зрения водопотребления (в некоторых случаях до 60% исходной воды сбрасывается в канализацию). Для того чтобы решить эту проблему, разработаны следующие приёмы: испарительная дистилляция потоков концентрата, электродеионизация стоков, использование дожимного блока, разбавление концентрата умягченной водой для подпитки теплосети, замыкание потоков и создание контуров рециркуляции и т.д. Большая часть этих решений подразумевает существенные капитальные затраты на свою реализацию.

Существует потребность в разработке решения, позволяющего сократить размеры стоков путём выявления скрытых внутренних резервов самой схемы, без использования существенных капитальных и дополнительных эксплуатационных затрат. Выявить такие резервы возможно, создав математическую модель схемы ВПУ ТЭС и разработав программу для ЭВМ [1], а также проанализировав суточный контроль рабочих параметров.

Литература

1. Свид. № 2016615906 о рег. пр. ЭВМ. Программа расчета физико-химических процессов в схемах водоподготовки ТЭС с обратноосмотическими модулями / С.Р. Саитов, А.А. Чичиров, Н.Д. Чичирова. – 2016.

УДК 62.1:006.354

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ОТ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ КОТЕЛЬНЫХ САИТОВ

САИТОВ С.Р., КИРИЛЛОВА Н.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, проф. ЧИЧИРОВА Н.Д.

Надежность систем теплоснабжения означает их способность производить, транспортировать и распределять среди потребителей в необходимых количествах теплоноситель с соблюдением заданных параметров при нормальных условиях эксплуатации.

Обеспечение надежной работы тепловых сетей является приоритетной задачей в процессе теплоснабжения потребителей теплоты.

Для оценки надежности тепловых сетей предприятием ОАО «Газпром промгаз» разработана методика [1], которая позволяет на основании таких исходных данных, как протяженность, диаметр и продолжительность эксплуатации участков трубопроводов системы, определить коэффициент готовности и вероятность безотказной работы теплосети.

Недостатком такого подхода является то, что при расчетах не учитывается целый ряд факторов, напрямую влияющих на надежность работы теплосети: остаточная толщина металла стенки трубопровода (К1), наличие предшествующих порывов на участке (К2), коррозионная активность грунта (К3), наличие или следы затопления участка (К4), пересечение с коммуникациями (К5).

Задача данной работы – учет всех этих факторов при определении интенсивности отказов трубопроводов тепловой сети, а также при расчете показателей надежности теплоснабжения потребителей. Задача эта решается путем модернизации существующего алгоритма расчета.

В принятой на сегодняшний день методике, интенсивность отказов элементов тепловой сети осуществляется следующим образом:

$$\lambda = \lambda^{\text{нач}} \cdot (0,1 \cdot \tau^{\text{экспл}})^{\alpha - 1}, \quad (1)$$

где $\lambda^{\text{нач}}$ – начальная интенсивность отказов 1 км однолинейного теплопровода, $\tau^{\text{экспл}}$ – продолжительность эксплуатации участка, α – коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации участка.

$$\alpha = \begin{cases} 0,8 & \text{при } 0 < \tau^{\text{экспл}} \leq 3 \\ 1 & \text{при } 3 < \tau^{\text{экспл}} \leq 17 \\ 0,5 \cdot e^{\left(\frac{\tau^{\text{экспл}}}{20}\right)} & \text{при } \tau^{\text{экспл}} > 17 \end{cases} \quad (2)$$

В усовершенствованной методике интенсивность отказов элементов тепловой сети производится по формуле:

$$\lambda = \lambda^{\text{нач}} \cdot (\tau^{\text{экспл}})^{\alpha-1} \quad (3)$$

α – коэффициент, учитывающий особенности монтажа и эксплуатации участка трубопровода:

$$\alpha = 0,5 \cdot e^{K_i} = 0,5 \cdot e^{f(K_1; K_2; K_3; K_4; K_5)} \quad (4)$$

Для оценки влияния каждого коэффициента в формуле (4) был проведен глубокий анализ статистических данных, предоставленных АО «Казэнерго». На основании информации о порывах в различных участках тепловой сети города Казани были определены функциональные зависимости (таблица 1).

Таблица 1. Функции влияния дополнительных параметров

Наличие факторов	Функциональная зависимость
K1	$K_i = 0,00673 \cdot K_1 + 0,954$
K1, K2	$K_i = 0,00703 \cdot K_1 + 0,891$
K1, K3	$K_i = 0,00664 \cdot K_1 + 0,964$
K1, K4	$K_i = 0,00587 \cdot K_1 + 0,933$
K1, K5	$K_i = 0,00641 \cdot K_1 + 0,973$
K1, K2, K3, K4, K5	$K_i = 0,00689 \cdot K_1 + 0,905$

Верификация данной математической модели показала, что средняя погрешность вычислений не превышает 1,3 %.

Литература

1. Сеннова Е.В., Кирюхин С.Н. Методика и алгоритм расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов / Е.В. Сеннова, Е.В. Кирюхин С.Н. – М.: ОАО «Газпром промгаз». – 2013. – 104 с.

УДК 621.643

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ТИПОВ УСТРОЙСТВ ПОДГОТОВКИ ПОТОКА ДЛЯ РАСХОДОМЕРНЫХ УЧАСТКОВ ТРУБОПРОВОДОВ

СБИТНЕВ А.А., ВОДЕНИКТОВ А.Д., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ГРИГОРЬЕВ Е.Ю.

Существующие нормативные документы по измерению расхода и количества жидкостей и газов (например, ГОСТ 8.586.1) требуют наличия равномерного поля скоростей перед расходомером. Для этого требуется обеспечить прямые участки трубопровода перед и за расходомером собственно равные $20 \cdot D_u$ и $5 \cdot D_u$ соответственно.

Существенно снизить длину прямого участка возможно путем установки перед расходомером специального устройства, обеспечивающего выравнивание поля скоростей в потоке и ликвидацию вихревого характера течения – устройство подготовки потока.

Анализ существующих конструкций (Zanker, Spenkel, трубчатого типа и т.д.) показал, что все предлагаемые модели обладают одним общим недостатком: использование аэродинамических фильтров в этих устройствах ведет к заметному снижению площади живого сечения для движения рабочей среды, и, как результат, заметный рост гидравлических потерь.

Следовательно, современная конструкция УПП должна предусматривать использование фильтра с живым сечением, не меньше площади живого сечения трубопровода. Этот принцип был положен в основу создания и разработки новой серии устройств подготовки потока для трубопроводных систем.

Использование любого из существующих аэродинамических фильтров приводит к локальному уменьшению площади живого сечения трубопровода, тогда становится логичным то, что для сохранения этой площади необходимо изготавливать УПП с диаметром корпуса выше, чем диаметр основного трубопровода, а площадь перфорации, например, при использовании дискового устройства типа Zanker, должна быть не меньше площади живого сечения основного трубопровода. Для перфорации должно выдерживаться соотношение:

$$D_{mp} \leq \sum_{i=1}^n d_{отв\ i} , \quad (1)$$

где $D_{\text{тр}}$ – гидравлический (условный) диаметр трубопровода, $d_{\text{отв}}$ – диаметр отверстия в фильтре.

Исходя из вышеперечисленного, нами была разработана принципиально новая конструкция УПП (рисунок 1).

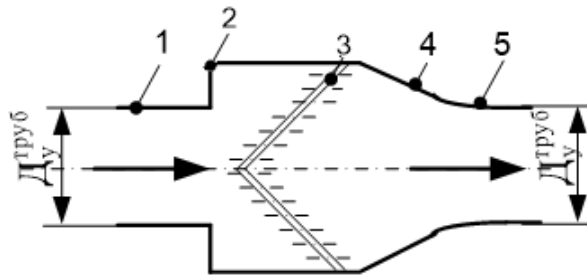


Рис. 1. Схема нового струевыпрямителя Grimag при использовании фильтра типа перфорированный конус. 1,5 – трубопроводы, 2 – ступенчатый переход, 3 – перфорированный фильтр-конус, 4 – плавный конфузур

Для увеличения площади фильтра (и как следствие – увеличение живой площади фильтра) был использован резкий переход на больший диаметр. Входная часть корпуса изготовлена в виде ступени. Выходная часть корпуса была выполнена в виде конфузур. Сам фильтр выполнен в виде конуса, с углом раскрытия в свободной вершине 60° . Именно эта конструкция показала лучшие характеристики в результате физических испытаний.

В ходе математического моделирования в инженерном пакете ANSYS CFX было установлено, что из-за неравномерной перфорации в теле конуса поток разделяется на струи при прохождении через перфорацию конуса неравномерно: сначала перфорацию проходит поток, находящийся преимущественно ближе к осевой линии УПП. Эти отдельные струи, локальная скорость которых выше (а давление соответственно ниже), чем в потоке, который находится снаружи конуса, оказывают на него эжектирующее действие в направлении осевой линии симметрии. Такой перенос масс способствует более быстрому, с меньшими затратами энергии, перемешиванию отдельных струй и п-лучению однородного поля скоростей.

Данная картина была полностью подтверждена лабораторными испытаниями и численными исследованиями: коэффициент потерь УПП модели Grimag составил $\xi=0,72$ а коэффициент равномерности потока оказался равен $\zeta=0,945$. Также в ходе испытаний выяснилось, что установка УПП модели Grimag приводит к снижению вибрации в 4 раза, по сравнению с вариантом без использования УПП.

УДК 621.184.622

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРООХЛАДИТЕЛЯ НА ОТБОРЕ ПАРА К СУШИЛКЕ ВЛАЖНОГО ТОПЛИВА И ОПТИМИЗАЦИЯ ЕГО ПАРАМЕТРОВ

СКУРИХИНА А.Д., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, профессор ОРЛОВ Г.Г.

При сжигании на ТЭС влажных бурых углей иногда применяют их паровую подсушку в специальных сушилках, что позволяет повысить теплотворную способность топлива за счет испарения влаги из него и создать более компактный котельный агрегат. Пар для сушки угля отбирают из регенеративного отбора турбины, однако его температура на входе в сушилки, по условиям работы подшипников, не должна превышать 180 °С. Обычно в пар, для снижения его температуры, впрыскивают воду (рис.1, позиция 12). Более рациональным вариантом является установка пароохладителя (ПО) на потоке пара, отбираемого к сушилке (рис.1). Эффективность установки ПО оценивалась по методу коэффициентов изменения мощности.

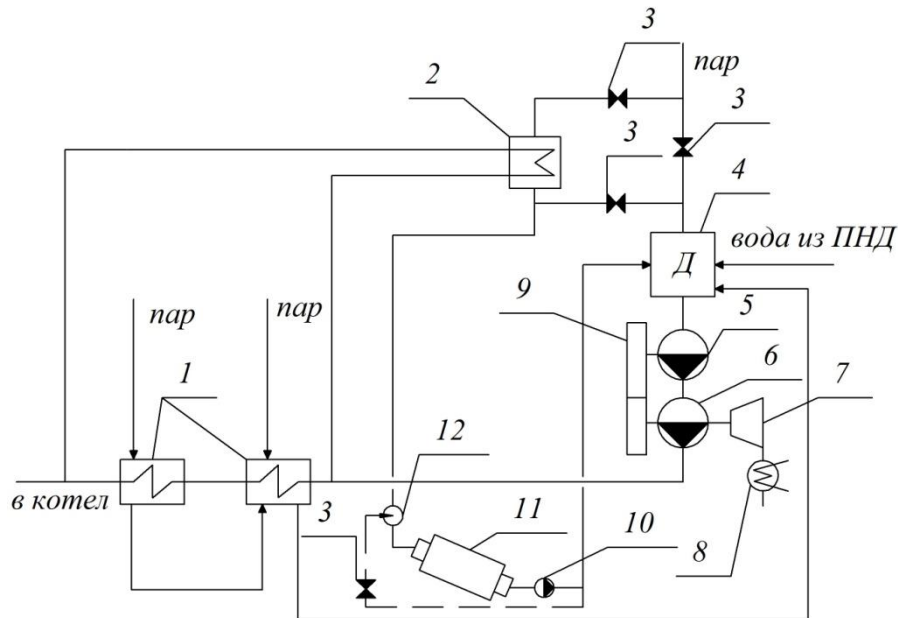


Рис.1 Схема охлаждения пара, подаваемого на сушку топлива: 1 – подогреватель высокого давления; 2 – пароохладитель; 3 – запорная арматура; 4 – деаэратор; 5 – бустерный насос; 6 – питательный насос; 7 – турбопривод питательного насоса; 8 – конденсатор; 9 – редуктор; 10 – конденсатный насос; 11 –топливная паровая трубчатая сушилка; 12 – впрыскивающее устройство, предназначенное для снижения температуры

Стоимость топлива, сжигаемого на тепловой электростанции, существенно влияет на срок окупаемости ПО и его оптимальные характеристики: поверхность нагрева, температурные напоры, количество воды, отводимое на ПО. Зависимость оптимального температурного напора от стоимости топлива и коэффициента теплопередачи (k) при числе часов использования установленной мощности блока 7000 представлена на рис.2. Цена тонны условного топлива изменялась от 500 до 6000. Большой диапазон изменения k (от 0,3 до 1,0 кВт/(м²*К) обусловлен наличием ряда методик его расчета, которые дают различные значения. Из графика видно, что значение коэффициента теплопередачи оказывает более существенное влияние на температурный напор на холодном конце ПО, а температурный напор на горячем конце ПО оказывается приблизительно постоянной.

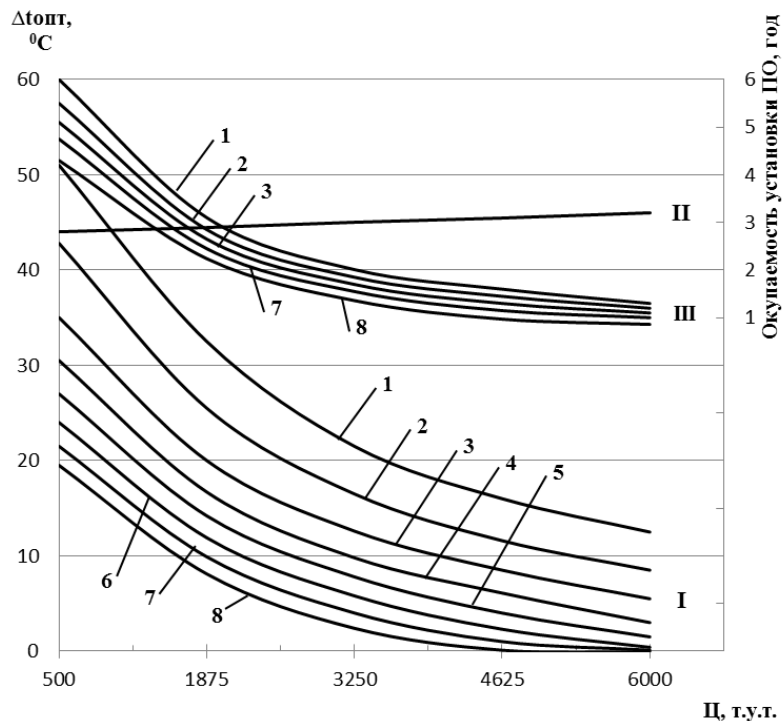


Рис.2 Оптимальные температурные напоры в зависимости от стоимости топлива и коэффициента теплопередачи: *I* – на холодном конце пароохладителя: 1 – $k=0,3$ кВт/(м²*К); 2 – $k=0,4$ кВт/(м²*К); 3 – $k=0,5$ кВт/(м²*К); 4 – $k=0,6$ кВт/(м²*К); 5 – $k=0,7$ кВт/(м²*К); 6 – $k=0,8$ кВт/(м²*К); 7 – $k=0,9$ кВт/(м²*К); 8 – $k=1,0$ кВт/(м²*К);
II – на горячем конце пароохладителя; *III* – срок окупаемости ПО

Автором проведен технико-экономический и функционально-стоимостной анализ эффективности ПО, получены графические зависимости оптимальных характеристик такого ПО применительно к блоку 500 МВт с турбиной К-500-240 ЛМЗ. Как показали расчеты, срок окупаемости ПО существенно зависит от цены сжигаемого топлива и лежит в пределах от одного до четырех лет.

УДК 621.311.22

РАЗРАБОТКА ТОПЛИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГОУСТАНОВКИ «ГТЭ6П-П102» ПРИ ПРОЕКТНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

СОЛОВЬЕВ М.М., ВОЛКОВ А.Е., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, профессор ШЕЛЫГИН Б.Л.

В составе энергопредприятия ПАО «Т Плюс» (г. Иваново) совместно работают газотурбинная установка ГТЭ-6П и котел-утилизатор (КУ) П-102.

При эксплуатации КУ «П-102» возможны три варианта работы:

- 1) утилизация теплоты уходящих из ГТЭ-6П газов;
- 2) утилизация теплоты газов после ГТЭ-6П при дополнительном сжигании энергетического топлива;
- 3) автономный режим работы КУ при сжигании в топочной камере топлива и использовании в качестве окислителя воздуха.

Расход производимого пара пропорционален как расходу топлива, сжигаемого в КС ГТЭ-6П, так и расходу топлива дополнительно сжигаемого в топочной камере КУ «П-102». Для оценки возможностей паропроизводительности энергетической установки необходимо представление её топливной характеристики, т.е. зависимости общего расхода топлива при производимой электрической мощности ГТЭ-6П $N_{э}$ от заданной паровой нагрузки КУ.

Расчетное исследование проводилось при проектной температуре наружного воздуха $t_n = 15^{\circ}\text{C}$ и значениях мощности ГТЭ-6П $N_{э} = 5 \div 6$ МВт.

Расход природного газа, сжигаемого в КС ГТЭ-6П, определяется значениями его теплоты сгорания Q_H^C и коэффициента полезного действия КПД ГТУ (брутто) $\eta_{ГТУ}$ по формуле, $\text{нм}^3/\text{ч}$:

$$B = N_{э} / (\eta_{ГТУ} \cdot Q_H^C) \quad (1)$$

При неизменном составе топлива для проектных условий КПД ГТЭ-6П (брутто) имеет вид:

$$\eta_{ГТУ} = 0,242 + 0,009 \cdot (N_{э} - 5)^{0,85} \quad (2)$$

Применительно к природному газу расход топлива, сжигаемого в КС ГТЭ-6П, с теплотой сгорания $Q_H^C = 8539$ ккал/ нм^3 , рассчитывается по формуле, $\text{нм}^3/\text{ч}$:

$$B_T = 3600 \cdot 0,028 \cdot N_{\text{Э}} / \eta \quad (3)$$

Так как определяющим фактором для создания топливной характеристики энергоустановки «ГТЭ6П-П102» является паропроизводительность КУ, то первостепенный интерес представляет зависимость полученных значений B_T не от $N_{\text{Э}}$, а от расхода выработанного перегретого пара $D_{\text{УТИЛ}}$.

Поэтому, была выполнена серия вариативных тепловых расчетов КУ «П-102» при заданных значениях B_T . Расчеты проводились при минимальном значении коэффициента избытка воздуха за КС $\alpha''_{\text{КС}} = 3,9$.

В исследовании конкретному значению B_T подбиралось соответствующее значение $D_{\text{УТИЛ}}$ при условии постоянства температуры насыщения $t_{\text{НАС}} = 178^\circ\text{C}$ пара, поступающего в радиационный пароперегреватель КУ.

С повышением электрической мощности $N_{\text{Э}}$ ГТЭ-6П в пределах $N_{\text{Э}} = 5 \div 6$ МВт расход топлива, сжигаемого в КС возрастает от $2082 \text{ нм}^3/\text{ч}$ до $2409 \text{ нм}^3/\text{ч}$. При этом значения паропроизводительности КУ возрастают в пределах $D_{\text{УТИЛ}} = 14 \div 17 \text{ т/ч}$.

Для утилизационного режима топливная характеристика представляется выражением, $\text{нм}^3/\text{ч}$:

$$B_T^{\text{УТИЛ}} = 2082,645 + 121,2 \cdot (D_{\text{УТИЛ}} - 14,06)^{1,07} \quad (4)$$

В случае сжигания дополнительного топлива топливная характеристика имеет вид:

$$B_{\text{ДОП}} = 2010 - 70 \cdot (N_{\text{Э}} - 5) + (14,37 - 3,165 \cdot (N_{\text{Э}} - 5)) \cdot (D - 14,4)^{1,04} \quad (5)$$

При увеличении $N_{\text{Э}}$ в пределах $5 \div 6$ МВт с повышением $D_{\text{пе}}$ от $D_{\text{утил}} = 14 \div 16 \text{ т/ч}$ до $D_{\text{ном}} = 50 \text{ т/ч}$ расход дополнительно сжигаемого топлива возрастает до $(2,4 \div 2,6) \cdot 103 \text{ нм}^3/\text{ч}$. Для минимального значения $N_{\text{Э}} = 5 \text{ МВт}$, когда $B_{\text{утил}} = 2010 \text{ нм}^3/\text{ч}$, при одинаковых значениях $D_{\text{ном}} = 50 \text{ т/ч}$, $B_{\text{доп}}$ выше на $0,2 \cdot 103 \text{ нм}^3/\text{ч}$, чем в случае $N_{\text{Э}} = 6 \text{ МВт}$.

Применительно к автономному режиму работы КУ расход топлива изменяется согласно топливной характеристике, $\text{нм}^3/\text{ч}$:

$$B = 1560 + 68,9 \cdot (D_{\text{П}} - 20)^{1,04} \quad (6)$$

Полученные зависимости позволяют оценить изменение расхода топлива при возможных условиях эксплуатации установки «ГТЭ6П - П102».

УДК 621.311.22

ДИАЛоговая СИСТЕМА РАСЧЕТА ПВД С ПАРООХЛАДИТЕЛЯМИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

СПИРИНА М.А., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ОРЛОВ Г.Г.

В настоящее время на ТЭС подогреватели высокого давления (ПВД), а на установках с промежуточным перегревом пара и часть подогревателей низкого давления (ПНД), выполняются со специальными отсеками для съема перегрева пара, поступающего в них. Эти отсеки называются пароохладителями (ПО) и они могут быть либо встроены в корпус ПВД, либо быть вынесенными. Рассмотрим эти схемы. На рис. 1 показаны ПВД с ПО различных типов: встроенные (рис. 1а); вынесенные на всем потоке питательной воды типа Виолен (рис. 1б); вынесенные на частичном отводе потока питательной воды типа Рикара-Никольного (рис. 1в).

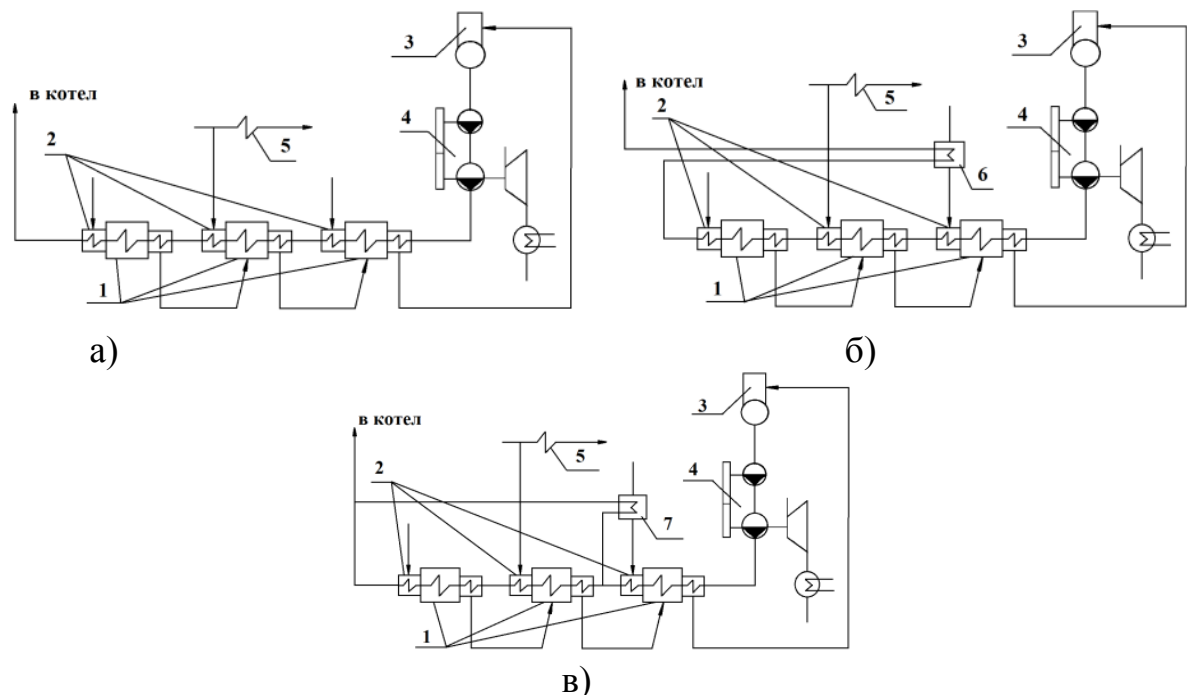


Рис. 1. Схемы с различными типами включения пароохладителя:

а – схема со встроенными пароохладителями; *б* – схема с вынесенным пароохладителем по типу Виолен; *в* – схема с вынесенным пароохладителем по типу Рикара-Никольного; 1 – ПВД; 2 – встроенный ПО; 3 – деаэрактор; 4 – питательная установка; 5 – пароперегреватель; 6 – ПО по типу Виолен; 7 – ПО по типу Рикара-Никольного

Нами для ЭВМ была разработана диалоговая система расчета параметров пара, воды и расходов пара на ПВД с различными ПО. Все расчеты выполнялись с использованием упрощенных уравнений для воды и водяного пара [1, 2]. Результаты расчета для 3 схем: со встроенным ПО (рис. 1а), вынесенным ПО по типу Виолен (рис. 1б) и вынесенным ПО по типу Рикара-Никольного (рис. 1в) представлены в табл. 1. Кроме того, разработанная программа позволяет также для блоков, у которых питательный насос приводится вспомогательной турбиной (рис. 1), определить расход пара на приводную турбину питательного насоса. Расчет ПВД в диалоговом режиме с ЭВМ занимает время от 10 до 15 мин.

Таблица 1. Доли расхода пара на ПВД и ТПН

№	ПВД-1	ПВД-2	ПВД-3	ТПН
схема а)	0,066791	0,072949	0,054194	0,036853
схема б)	0,065817	0,086546	0,053167	0,036853
схема в)	0,065059	0,081134	0,052368	0,036853

Выводы: При установке вынесенных ПО по типу Виолен и Рекара-Никольного повышается температура питательной воды на входе в котельный агрегат и для вновь создаваемых блоков целесообразно проектировать котел на новую повышенную температуру питательной воды. В целом установка ПО вынесенного типа позволяет повысить экономичность и получить экономию топлива.

Литература

1. Литинецкий В.В. Алгоритм расчета термодинамических свойств водяного пара на ЭВМ / В.В. Литинецкий, С.Л. Ривкин, Е.А. Кремневская // Теплоэнергетика. – 1986. – № 3. – С. 48-50.
2. Ривкин С.Л. Уравнение состояния воды и водяного пара для машинных расчетов процессов и оборудования электростанций / С.Л. Ривкин, Е.А. Кремневская. // Теплоэнергетика. – 1977. – № 3. – С. 69-73.

УДК 621.643.053

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ

СУХОВ А.В., ШЛЁНКИН Р.Ю., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ГРИГОРЬЕВ Е.Ю.

Несмотря на то, что трубопроводы ТЭС и АЭС не относятся к основному оборудованию, от их работы зависит надежность и экономичность всей станции. Причина многих аварий связана с высоким уровнем вибрации, вызванным несовершенной гидравликой в запорно-регулирующей арматуре, которая используется в большом количестве.

При всех компоновочных достоинствах этого типа арматуры шиберные задвижки при частичном открытии генерируют в потоке за ними развитые дискретные вихревые образования, обтекаемые основным потоком как твердые тела и движущиеся со скоростью существенно меньшей, чем скорость несущего потока. По существу, после задвижек имеет место нестационарное течение двухкомпонентной среды с очень широким спектром частот и амплитуд, возникающих в ней пульсаций всех параметров и скоростей. Эти пульсации являются источником динамических нагрузок, воспринимаемых стенками последующих трубопроводов и узлами самой задвижки [1].

В работе предлагается существенно снизить динамические нагрузки (на 25 % и более) на трубопроводы при использовании шиберных клиновых задвижек за счет разгрузочных отверстий во втором по ходу течения рабочей среды диске. Система перфорации обеспечивает появление рециркуляционного течения из области за частично открытым шибером по ходу движения рабочей среды в междисковый зазор с последующей эжекцией в рабочий зазор задвижки.

Также для линеаризации расходной характеристики задвижки предлагается профилирование седел задвижки таким образом, чтобы при поднятии штока задвижки обеспечивался линейный рост площадей живого сечения, образованных клином задвижки и ее седлами.

В материалах доклада представлены результаты физического и численного моделирования течения рабочей среды «воздух» в стандартных и разрабатываемых запорно-регулирующих задвижках.

Литература

1. Зарянкин А.Е. Пути снижения динамических нагрузок на стенки трубопроводов энергоустановок / А.Е. Зарянкин, В.А. Зарянкин, О.Н. Полетаев, А.И. Чукин и др.// Теплоэнергетика, 2012. – № 8. – с. 66 -71.

УДК 621.31

СЖИГАНИЕ ОБВОДНЕННОГО МАЗУТА В КОТЛАХ ТЭС

ТАЙМАРОВ М.А., САЛТАНАЕВА Е.А, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ТАЙМАРОВ М.А.

В настоящее время существует проблема сжигания обводненного мазута в котлах ТЭС. По регламенту содержание воды в мазуте не должно превышать 3 % по массе. В результате транспортировки и хранения из-за неплотностей подогревателей массовая доля воды в мазуте повышается и доходит до 11 %. Сжигание такого мазута без разработанной технологии из-за высокого содержания воды сопровождается хлопками, отрывом факела от горелки, погасанием факела. Все эти явления повышают долю химического и физического недожога топлива, приводят к загрязнению поверхностей нагрева коксовыми отложениями, ухудшающими теплообмен между продуктами сгорания и поверхностями нагрева. Следствием образования наружных отложений является ухудшение работы пароводяного циркуляционного контура котлов, опрокидывание или застой циркуляции. Ухудшение теплообмена сопровождается уменьшением выработки перегретого пара и снижением КПД. Сопутствующим фактором по снижению КПД котла является уменьшение легко летучих углеводородных компонентов в составе мазута при его длительном хранении. В данной работе предлагается технология сжигания обводненного мазута с предварительной подготовкой мелкодисперсной суспензии из мазута и воды и поверхностно активных веществ с помощью кавитационных явлений, которые предупреждают расслоение топлива на мазут и воду. Мелкодисперсные капли воды в этой суспензии из-за взрывного испарения воды по термоударному принципу повышают скорость горения обводненного мазута. При этом для засветки факела по доле тепловыделения не менее 50 % при сжигании обводненного мазута применяется сжигание природного газа. Температура продуктов сгорания на выходе из топки при сжигании мазута повышается путем применения восходящей крутки воздуха в горелках.

УДК 621.31

ВЫБОР ГОРЕЛОК ДЛЯ СЖИГАНИЯ МЕТАНО-ВОДОРОДНОЙ ФРАКЦИИ

ТАЙМАРОВ М.А., ЧИКЛЯЕВ Е.Г., ЧИКЛЯЕВ Д.Е., ХУСАИНОВ Д.Г.,
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ТАЙМАРОВ М.А.

Метано-водородная фракция (МВФ) является остаточным газообразным продуктом нефтехимических процессов при переработке углеводородного сырья. До последнего времени МВФ использовалась в качестве низкокалорийного топлива для собственных нужд на НПЗ или сжигалась в факелах. В связи с удорожанием стоимости топливных энергоресурсов возникла необходимость использования МВФ в качестве топлива для котлов ТЭС. Сложность использования МВФ в качестве топлива связана с большим содержанием водорода, который характеризуется высокой скоростью горения до 300 см/сек, более широкими пределами воспламенения на воздухе и низкой теплотой сгорания по сравнению с природным газом. Поэтому горелки для сжигания МВФ в котлах ТЭС должны иметь высокую скорость подачи МВФ и воздуха в зону горения. Для этой цели для котлов ТГМ-84Б наиболее подходят модернизированные горелки ГМУ-45м с тепловой мощностью 50 МВт с периферийной аксиальной круткой воздуха и с комбинированной периферийной трубной и сопловой центральной газораздачей. Расчеты показали, что периферийная тангенциальная крутка воздуха в горелках ГМУ-45 с центральной сопловой газораздачей из-за невысокой скорости выхода потока воздуха не обеспечивает интенсивное смесеобразование и догорание факела, особенно при больших нагрузках будет происходить в горизонтальном газоходе котла после топки. Это приведет к повышенному уровню температур уходящих дымовых газов в области ширмовых и конвективных пароперегревателей.

УДК 621.311

СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ЦИКЛЕ РЕНКИНА

ФАТХУТДИНОВ Э.И., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ГРУЗДЕВ В.Б.

Решением утилизации низкопотенциального тепла отработанного пара турбины и тепла уходящих газов котла занимаются многие ученые, проверяя различные варианты теплоносителей. Так появился органический цикл Ренкина (ОЦР или ORC), где в качестве теплоносителя используются органические соединения.

Рабочая жидкость	Молекулярный вес (кг/кмоль)	Критическая температура (С)	Температура кипения (С) при 1 атм
H ₂ O	18.02	373,8	100.00
R123	152.9	186.7	27.84
R245fa	134	154.0	15.3

В настоящее время крупные энергетические машиностроительные компании имеют большой опыт производства турбин на органическом топливе, где создаются энергетические блоки с оптимальными параметрами пара и получением максимальной прибыли с малым сроком окупаемости. Известно, что в себестоимости электроэнергии топливо составляет от 70 до 80 %. ORC не требует дополнительного сжигания топлива, а утилизирует низкопотенциальное тепло, которое отводится к холодному источнику.

Многочисленно предлагается парогазовые установки с ORC для увеличения выработки электроэнергии за счёт максимальной утилизации тепла уходящих газов за котлом и низкопотенциального тепла отработанного пара турбины.

УДК 628.16

ТЕХНОЛОГИЯ ПРЯМОГО ОСМОСА

ХАЛИУЛИН Д.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор ЧИЧИРОВА Н.Д.

В настоящее время одним из самых динамично развивающихся направлений водоочистки и водоподготовки является мембранная технология. Одним из видов мембранной очистки является технология прямого осмоса.

В отличие от обратного осмоса, где используется гидравлическое давление для движения воды через мембрану, в прямом осмосе используется высокая концентрация специально подобранного вещества. Это вещество должно развивать в водных растворах осмотическое давление, превышающее осмотическое давление опресняемой воды. Кроме высокого давления инертное вещество должно обладать реверсом растворимости и не быть токсичным. В качестве инерта используются концентрированные растворы $MgCl_2$, $AlCl_3$, NH_4NO_3 , $Ca(CH_3COO)_2$, CH_3COONa , $CaSO_4$, бикарбоната алифатических аминов (RNH_2HCO_3) в присутствии CO_2 , а также высокомолекулярный полимерный материал на основе гликоля.

Системы прямого осмоса обладают рядом преимуществ по сравнению с другими более распространенными вариантами очистки воды. В системах обратного осмоса, используемых для опреснения воды, средняя степень восстановления воды составляет около 50%, другими словами на каждые две тонны соленой воды, взятых в систему, одна тонна очищенной воды используется, а другая тонна сбрасывается обратно в источник. Прямой осмос может быть использован для очистки сбросов с системы обратного осмоса. Таким образом, объединение этих двух систем позволяет получить 90 % очистки. Технология прямого осмоса может обрабатывать воду до $150000 \cdot 10^{-6}$ от общего содержания растворенных твердых веществ, что в четыре раза больше обычных систем обратного осмоса. Прямой осмос работает под атмосферным давлением, поэтому модули изготавливают из легких пластиковых и композитных материалов, что существенно снижает их стоимость. Средняя оценка показывает, что стоимость прямого осмоса на 30 % ниже аналогичной системы обратного осмоса.

УДК 621.311.22

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГОБЛОКА ПГУ-325 ПРИ НАГРУЗКАХ, БЛИЗКИХ К НОМИНАЛЬНЫМ ЗНАЧЕНИЯМ

ХВОСТОВ А.Д., ПАНОВ Л.М. ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. канд. техн. наук, профессор ШЕЛЫГИН Б.Л.

В условиях переменных режимов работы ТЭС эффективное функционирование оборудования ПГУ электростанции осуществляется автоматизированной системой управления с использованием статических характеристик.

Входящий в состав ПГУ-325 котел-утилизатор (КУ) марки «П-88» является ее пассивным элементом. Характеристики его работы определяются условиями эксплуатации ГТЭ-110. Показатели КУ «П-88» зависят от расхода топлива, сжигаемого в камере сгорания КС ГТЭ-110.

Расход природного газа в КС ГТУ определяется величиной его теплоты сгорания Q_H^c , значением электрической мощности $N_э$ и коэффициентом полезного действия КПД ГТУ (брутто) $\eta_{ГТУ}$:

$$B = N_э / (\eta_{ГТУ} \cdot Q_H^c).$$

Для расчета величины B необходимо знать зависимости значения $\eta_{ГТУ}$ от определяющих характеристик $N_э$ и $t_{нар}$.

Для диапазона нагрузок $N_э = 88 \div 110 \text{ МВт}$ математическое описание зависимости КПД ГТУ от определенных факторов представим в виде:

$$\eta_{ГТУ} = A_t + C_t \cdot (N_э - 88)^n.$$

Коэффициент A_t при $N_э = 88 \text{ МВт}$ зависит от температуры наружного воздуха и определяется по формуле:

$$A_t = 0,346 - K_1 \cdot (t_H + 30)^m = 0,346 - 11,3 \cdot 10^{-6} \cdot (t_H + 30)^{1,9},$$

где значение константы K_1 при последовательном повышении показателя степени m выше 1,3 с интервалом $0,2 \div 0,3$ находится по формуле:

$$K_1 = (0,346 - A_t) / (t_H + 30)^m.$$

Для нагрузок $N_э = 88 \div 110 \text{ МВт}$ и интервала температур наружного воздуха $t_H = -30 \div 30^\circ\text{C}$, значение коэффициента пропорциональности C_t , зависящего от температуры t_H , рассчитывается на основании зависимости:

$$C_t = C_{-30} - K_2 \cdot (t_H + 30)^l = 0,00161 - 0,025 \cdot 10^{-6} \cdot (t_H + 30)^{2,3},$$

где $C_{-30} = 0,00161$ – коэффициент пропорциональности при $t_H = -30^\circ\text{C}$.

Величина коэффициента K_2 на основании исходных данных, при последовательном повышении показателя степени l выше 1,8 определяется по формуле:

$$K_2 = (0,00161 - C_t) / (t_H + 30)^l.$$

Применительно к среднему значению электрической мощности 99 МВт диапазона $N_э = 88 \div 110$ МВт относительные отклонения расчетных значений $\Pi_{эму}$, от исходных не превышает 1 %.

По полученному значению $\Pi_{эму}$ для природного газа с любой его теплотой сгорания в зависимости от $N_э$ и t_H для энергоблока ПГУ-325 топливную характеристику можно определить по формуле:

$$B_T = E_t + F_t \cdot (N_э - 88)^k,$$

где E_t и F_t – коэффициенты, зависящие от величины $t_{нар}$, k – показатель степени, значение которой выше 1.0. Значение коэффициента E_t при $N_э = 88$ МВт зависит от температуры наружного воздуха и находится по формуле:

$$E_t = 25637 + K_3 \cdot (t_H + 30)^h = 25637 + 0,603 \cdot (t_H + 30)^{2,01},$$

где коэффициент K_3 имеет постоянное значение; h – показатель степени, величина которого выше 1.

Для нагрузок $N_э = 88 \div 110$ МВт и интервала температур $t_{нар} = -30 \div 30^\circ\text{C}$, значения коэффициента F_t , зависящего от температуры наружного воздуха определяется на основании зависимости:

$$F_t = F_{-30} - K_4 \cdot (t_H + 30)^b = 199,81 + 0,00310 \cdot (t_H + 30)^{2,2}.$$

Значение показателя степени k можно представить одинаковым для всех четырех зависимостей при $t_{нар} = -30; 0; 15; 30^\circ\text{C}$. В данной работе значение k определяется при проектной величине $t_{нар} = 15^\circ\text{C}$ и равняется 1,03.

С использованием полученной характеристики для любого значения электрической мощности $N_э = 88 - 110$ МВт и температурах $t_{нар} = -30 \div 30^\circ\text{C}$ можно определить расчетное значение B_T .

Разработанная характеристика позволяет не только оперативно оценить расход топлива в КС ГТЭ-110, но и прогнозировать его величину при изменениях нагрузки и климатических условий.

УДК 621.039.562

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫГОРАЮЩЕГО ПОГЛОТИТЕЛЯ В ТОРИЕВОМ РЕАКТОРЕ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

ХРАПОВ Д. А., НИ ТПУ, Томск

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент ЧЕРТКОВ Ю.Б.

Внедрение ториевого топлива в атомную энергетику диктуется несколькими причинами: запасы тория на планете превосходят запасы урана в 4–5 раз. Ториевые месторождения более доступны, чем урановые. Особенно это важно для России: российских разведанных запасов урана хватит только на 20 лет, а запасов тория в месторождениях в районе Новокузнецка и Томска (Туганское месторождение тория, титана, циркония) достаточно много.

Предлагается использовать выгорающий поглотитель, позволяющий реализовать совмещение функций энерговыделения и поглощения избыточных нейтронов в едином конструктивном элементе – твэле, что позволяет упростить конструкцию тепловыделяющей сборки, повысить выгорание ядерного топлива и существенно уменьшить затраты на переработку радиоактивных отходов.

Наиболее близким к заявляемому предложению является технология получения ядерного топлива с поглотителем из диборида циркония, описанная в патенте США. Таблетки, полученные в соответствии с этой технологией, имеют на своей цилиндрической поверхности тонкий слой борсодержащего выгорающего поглотителя нейтронов, выполненного, например, из диборида циркония.

Нейтронно-физические расчеты проводились с помощью одномерной ячеечной программы WIMS-ANL с 69-групповой библиотекой ANL (WIMSD-5 с библиотекой ENDF/B-VI.7). Сердечник твэла (зона 2) внешним радиусом 0,39 см имеет внутреннее отверстие диаметром 0,07 см (зона 1). Зона 3 описывает оболочку твэла, зона 4 – напыление выгорающего поглотителя на оболочку твэла, и зона 5 представляет водяной теплоноситель (и замедлитель).

Оболочка твэла реактора изготовлена из циркониевого сплава с внешним диаметром 0,91 см и толщиной 0,65 см. Поверх неё напылен выгорающий поглотитель – ZrB₂. Топливная таблетка из двуокиси урана имеет внешний диаметр 0,78 см и осевое отверстие диаметром 0,14 см. Шаг расстановки твэлов – 1,275 см.

В качестве топливных композиций были выбраны смесь уран-ториевая и плутоний-ториевая смеси.

При оптимальной толщине напыления, а именно 200 мк для уран-ториевой смеси, 500 мк для плутоний-ториевой смеси, был достигнут минимальный темп снижения запаса реактивности на протяжении большого промежутка времени, именно этот промежуток времени будет соответствовать стабильной работе реактора.

Для плутоний-ториевого и уран-ториевого топлива справедливо, что при большей толщине напыления выгорающего поглотителя Th-232 расходуется быстрее, темп наработки U-233 увеличивается, U-238 (смесь PuO₂-ThO₂) темп наработки снижается.

Наличие выгорающего поглотителя позволило вовлечь торий с самого начала кампании, что существенно увеличило темп наработки вторичного топлива, которое сразу же используется для дальнейшей работы реактора. Диборид циркония продемонстрировал себя как материал потенциально пригодный для реализации уран-ториевого и плутоний-ториевого циклов.

УДК 621.187.124

ТЕРМИЧЕСКИЕ ДЕАЭРАТОРЫ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ДЛЯ ТУРБОУСТАНОВОК ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС МОЩНОСТЬЮ 1200 МВт

М.В. ЧУПРАКОВ, ОАО «НПО ЦКТИ», г. Санкт-Петербург;

П.В. ЕГОРОВ, канд. техн. наук, ОАО «НПО ЦКТИ», г. Санкт-Петербург;

А.С. ГИММЕЛЬБЕРГ, ОАО «НПО ЦКТИ», г. Санкт-Петербург

С учетом опыта создания и внедрения термических деаэраторов с одной горизонтальной колонкой для энергоблоков с реактором ВВЭР-1000 Тяньваньской АЭС в Китае, АЭС «Куданкулам» в Индии и энергоблока с реактором БН-800 Белоярской АЭС разработаны новые деаэраторы производительностью 6400 т/ч для энергоблоков мощностью 1200 МВт Нововоронежской АЭС, Ленинградской АЭС-2 и Белорусской АЭС. Результаты разработки и освоения указанных деаэраторов используются при проектировании новых деаэраторов с малогабаритной колонкой горизонтального типа для турбоустановки энергоблоков № 1, 2

мощностью 1200 МВт с реактором ВВЭР-ТОИ Курской АЭС-2, а также перспективных энергоблоков АЭС и ТЭС в России и за рубежом.

УДК 621.311.22

ДЫМОВАЯ ТРУБА, ОБЪЕДИНЕННАЯ С СУХОЙ ГРАДИРНЕЙ

ШАЙХАТОВА Э.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент НИЗАМОВА А.Ш.

Весьма ответственным устройством в системе охраны биосферы от вредных выбросов ТЭС являются газоотводящие устройства – дымовые трубы. Природоохранные мероприятия в отношении уменьшения концентрации токсичных веществ включают две обязательные стадии – очистка в возможных пределах дымовых газов в газоочистных устройствах ТЭС и последующее рассеивание остаточных вредностей за счет турбулентной диффузии в больших объемах атмосферного воздуха.

Для экономии территории и повышения естественной тяги конструкцию сухой градирни стараются совмещать с дымовой трубой. В данном случае обязательным условием является наличие сероочистки дымовых газов. Высота дымовой трубы при этом меньше высоты градирни. Пример такого технического решения указан ниже.

В градирнях возможно совмещение не только дымовой трубы, но и всего оборудования сероочистки. Таким образом, современные конструкции градирен представляют собой комплексное сооружение, включающее в себя системы охлаждения основного и вспомогательного оборудования, дымовой трубы и оборудования сероочистки. Совмещение установки сероочистки с градирней является наиболее удачным техническим решением, позволяющим упростить количество оборудования сероочистки за счет исключения газо-газового теплообменника, бустерного дымососа и перепускных газоходов, оставив, в итоге, только абсорбционную башню со вспомогательным оборудованием.

Основные преимущества:

- Снижение приземной концентрации загрязняющих веществ, за счет увлечения дымовых газов потоками воздуха.

- Повышение тяги и эффективности охлаждения воды при обтекании воздухом.

- Упрощение конструкции тракта дымовых газов за электрофильтрами и схемы включения сероочистки.

Недостатка совмещения:

- Необходимость увеличения антикоррозионной стойкости стен градирни.

- Увеличение длины газоходов и циркуляционных водоводов.

- Негативное влияние сильного ветра на высоту подъема дымовых газов.

- Негативное влияние на высоту подъема дымовых газов в период пуска системы охлаждения, особенно в зимний период.

СЕКЦИЯ 2. ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

УДК 628

СИСТЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

АГЗАМОВ Л.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Э.А.

Одним из важнейших элементов технологического комплекса предприятий является система оборотного водоснабжения. От эффективности работы зависит производительность оборудования, качество и себестоимость продукта, удельный расход сырья и электроэнергии. Обеспечение качественной работы систем оборотного водоснабжения дает возможность мобилизовать большие резервы производственных мощностей и добиться значительного повышения эффективности и экономичности работы предприятий.

Основными потребителями речной воды на химических предприятиях являются водооборотные циклы (ВОЦ), которые расходуют ее на восполнение потерь за счет испарения, капельного уноса и сброса части оборотной воды в канализацию. Потери оборотной воды за счет испарения и капельного уноса являются невозвратимыми и определяются режимом работы теплообменного оборудования, а также метеорологическими условиями на площадке вокруг градирни. При работе ВОЦ оборотная вода многократно и последовательно подвергается физико-химическим воздействиям. Она нагревается, охлаждается, аэрируется, многократно соприкасается с теплообменной поверхностью. В

результате вода постепенно становится более минерализованной. При достижении определенной степени минерализации вода теряет стабильность и приобретает способность к отложению минеральных солей. Для предотвращения этого явления и поддержания требуемого состава оборотной воды, часть ее заменяют на свежую речную воду. Обратная вода, выводимая из системы оборотного водоснабжения, сбрасывается в ливневую канализацию предприятия через переливные трубы в чашах градирен или через дренажные трубопроводы в технологических цехах (технологические потери). В совокупности с ливневыми водами обратная вода, сбрасываемая из ВОЦ, формирует на предприятии промышленно-ливневой сток. Расход этого стока часто достигает 80...85 % от суммарного расхода всех сточных вод предприятия.

УДК 628

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ ОБОРУДОВАНИЯ ВОДООБОРОТНЫХ СИСТЕМ

АГЗАМОВ Л.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Э.А.

Коррозия оборудования, которая возникает при эксплуатации систем оборотного водоснабжения (СОВ), приводит к увеличению затрат, повышению потреблению водных ресурсов, снижению качества продукции.

Возникающие проблемы требуют комплексного решения. Один из вариантов решения – использование комплекса реагентов, которые включают замедлители коррозии, биокоррозии, солеотложений.

При эксплуатации СОВ чрезвычайно актуальной является проблема коррозии металлических поверхностей и выделения накипи из воды. Образование слоя накипи на поверхностях водоохлаждающих систем приводит к повышению расхода топлива, нарушению технологического режима и выходу из строя теплообменного оборудования за счет:

- уменьшения коэффициента теплоотдачи водонагревательных поверхностей;
- значительного повреждения металла в результате локальных перегревов и образования «свищей»;
- уменьшения пропускной способности водоподающих и водоотводящих систем.

Для предотвращения накипи широко применяется реагентная обработка для умягчения воды. Общим недостатком такой обработки является, во-первых, необходимость строгого контроля за дозировкой реагентов, во вторых, следствием такой обработки является развитие коррозии, что требует дополнительного применения ингибиторов.

Применение замедлителей стабилизирует производственный процесс, что сокращает простои, которые связаны с ремонтом оборудования, позволяет использовать более дешевые конструкционные материалы.

В последние годы в мировой практике комплексное решение проблем обеспечения высокой эффективности систем водооборота, снижения стоимости обработки, а также исключение токсичных продуктов из состава используемых реагентов достигается применением ингибиторов коррозии на основе фосфатов и модифицирующих добавок.

Важнейшими требованиями к современным замедлителям коррозии являются не только высокие антикоррозионные свойства, но и экологическая безопасность используемых реагентов, что связано с ужесточившимися требованиями к качеству сточных вод и санитарно-гигиеническим условиям труда на нефтехимических производствах.

УДК 621.184

СТРУКТУРА ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

АУХАДИЕВ Р.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преподаватель ГАВРИЛОВ А.С.

В промышленных аппаратах число пластин в некоторых конструкциях может достигать нескольких сот, а образуемые ими каналы могут быть соединены по различным одноходовым и многоходовым схемам. Сами аппараты по конструкции могут быть односекционными и многосекционными или комбинированными.

Односекционным пластинчатым теплообменником называется аппарат, в котором в теплообмене участвуют только две рабочие среды. Можно сказать, что такой аппарат выполняет только одно задание по теплообмену.

В пищевой промышленности широкое применение находят и такие конструкции пластинчатых аппаратов, в которых происходит несколько видов тепловой обработки жидкого пищевого продукта – основной

рабочей среды. Это достигается путем соединения в одном аппарате нескольких взаимосвязанных, но самостоятельных теплообменных зон, в которых, например, нагревают продукт паром с целью стерилизации или пастеризации, затем постепенно охлаждают его холодным продуктом, идущим на подогрев, потом холодной водой и, наконец, хладоносителем до конечной температуры. Такую конструкцию имеют известные пастеризационно-охладительные аппараты, которые принято называть комбинированными.

Рассмотрим схему односекционного пластинчатого теплообменника и определим связанные с ней понятия (рис. 1).

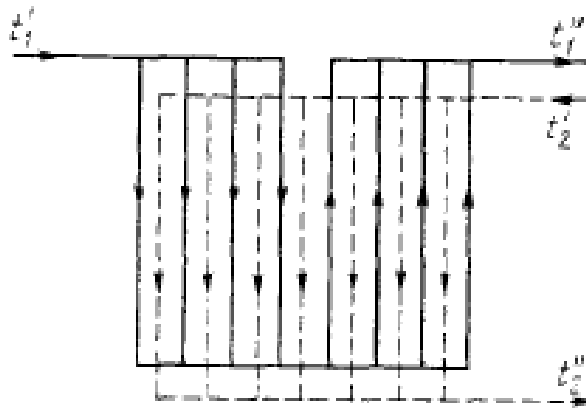


Рис. 1. Схема односекционного пластинчатого теплообменника

Элементом тракта движения жидкости в пластинчатом аппарате является канал – пространство между двумя соседними пластинами.

Рабочая среда, входящая в аппарат, попадает в каналы через продольные коллекторы, образованные угловыми отверстиями пластин и малыми прокладками, окружающими эти отверстия.

Из коллектора рабочая среда распределяется обычно по нескольким параллельным каналам. Совокупность нескольких каналов, по которым рабочая среда течет в одном направлении, в практике проектирования называют пакетом.

Понятие пакет в пластинчатом теплообменнике соответствует понятию хода в кожухотрубчатом.

По выходе из первого пакета рабочая среда попадает в противоположный коллекторный канал, проходит по нему вдоль аппарата до очередной граничной пластины (пластины с заглушённым угловым отверстием) и распределяется по каналам второго пакета. Во втором пакете рабочая среда движется в направлении, противоположном ее

движению в первом пакете, Второй пакет может быть по числу каналов равен первому или не равен ему.

При различном числе каналов в расположенных последовательно пакетах скорость движения рабочей среды в каждом пакете будет изменяться.

При одинаковом числе каналов в пакетах скорость рабочей среды практически не изменяется.

Вторая рабочая среда, движение которой на схеме показано штриховой линией, проходит по своему коллекторному каналу и движется затем в межпластинных каналах, смежных с каналами для первой рабочей среды.

УДК 697.34

КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

АХМЕТЗЯНОВА Л.Г., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

В результате неэффективного теплоснабжения происходит огромный переизбыток энергетического, материального и финансового расхода ресурсов. При постоянном увеличении цен на энергетические носители эффективное использование ресурсов является одним из самых актуальных и приоритетных направлений государственной политики.

В основном все тепловые пункты абонентов, подключенных к системе централизованного теплоснабжения, чаще всего оборудованы элеваторным тепловым вводом. Важным преимуществом элеватора является тот факт, что он не потребляет энергии на свой привод. Несмотря на это, практика использования элеваторов с регулируемым соплом показывает их плохую надежность при низком качестве сетевой воды. Однако такие устройства применяют при небольшом диапазоне регулирования.

Эксплуатация элеваторных узлов задерживает ввод в системах теплоснабжения мероприятий по энергосбережению, например, параметры с комплексным автоматическим регулированием теплоносителя в помещении и реальную этим задачам сооружение системы отопления, при котором обеспечивается точность и постоянность комфортных условий и выгодный расход тепла.

Также в продолжение нескольких лет теплоснабжение в районах обильной застройки выполняется от ТЭЦ или крупных тепловых станций через центральные тепловые пункты (ЦТП). У такого ЦТП имеются огромные недостатки, в результате которых происходит превышение расчетного расхода воды на 30 %.

Усовершенствование центральных тепловых пунктов автоматизированными ИТП дает возможность увеличить эффективность авторегулирования отопления в результате отказа от распределительных сетей ГВС, сводит к минимуму потери при перемещении тепла и снижает расход электроэнергии на транспортировку горячей воды для бытовых нужд.

Общая средняя экономия при использовании автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов составляет около 25-30 %. Для большей полезной работы новой системы теплоснабжения с использованием автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов также требуется заменить тепловые сети, потому что, по данным статистики, 80 % превзошли срок безаварийной службы.

Употребление полиэтилена для изготовления труб газо- и водоснабжения приводит к первостепенным изменениям индустрии строительства трубопроводов по всему миру. В большинстве стран более 90 % вводимых в эксплуатацию трубопроводных распределительных систем изготовлены из полиэтилена.

Экономическая отдача полиэтиленовых трубопроводов в большинстве случаев определяется выбором правильного материала, грамотностью проектирования, качеством монтажа и технического обслуживания. Трубопроводы из полиэтилена в 21 веке должны обеспечить главную потребность трубопроводов систем водоснабжения, водоотведения, технологических трубопроводов и внутренних систем отопления.

Сделав анализ состояния системы теплоснабжения, отметим, что для роста её эффективности нужно комплексное усовершенствование разных подотраслей, а именно, использование полиэтиленовых труб и переход к автоматизированным индивидуальным тепловым пунктам, что даст возможность к значительной экономии теплоснабжения.

УДК 621.4

СРАВНЕНИЕ ГАЗОПОРШНЕВЫХ УСТАНОВОК РАЗЛИЧНЫХ МОЩНОСТЕЙ И ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

БАЙРАМГУЛОВА Л.З., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Э.А.

Газопоршневая установка с утилизацией тепловой энергии представляет собой газопоршневой двигатель или двигатель внутреннего сгорания, с помощью которого на валу генератора вырабатывается электрическая энергия, а тепловая энергия (горячая вода или пар) получается при утилизации отработанной в двигателе газозоудной смеси с помощью теплообменника.

При реконструкции энергообъектов или новом строительстве можно выделить несколько компоновочных решений внедрения ГПУ:

1. Строительство ГПУ на отдельной площадке, новое строительство.
2. Установка ГПУ в действующей котельной, в виде надстройки.

Реконструкция котельных и их модернизация с преобразованием в газопоршневые мини-ТЭЦ – наиболее передовое энергоэффективное решение, которое способствует значительному повышению рентабельности и КПД энергообъекта.

В работе рассматривались установки мощностью 100 кВт, 200 кВт, 500 кВт и 1000 кВт разных производителей электрической энергии;

2) с увеличением мощности генераторной установки прослеживается тенденция к снижению сроков окупаемости установки.

Таблица 1

Модель генераторной установки	Номинальная электрическая мощность, кВт	Тип двигателя	Среднегодовая себестоимость 1кВт*ч	Срок окупаемости, год (лет)
Daewoo Doosan 100 кВт	100	Doosan P086TI	1,83	6,9
ЯМЗ 100 кВт	100	ЯМЗ-238М2	2,43	7,8
КАМАЗ 100 кВт	100	КАМАЗ 740.19-200	2,2	7
Daewoo Doosan 200 кВт	200	DOOSAN P158LE	1,36	4,8
ЯМЗ 200 кВт	200	ЯМЗ 7514	1,48	3,1
KG-200S 200 кВт	200	КАМАЗ 820.20-200	1,48	3,4
MITSUBISHI 500 кВт	500	MITSUBISHI S12A2-PTA	1,17	4,2
FG Wilson PG620B1 500кВт	500	Perkins 4008-30TRS2	1,26	5,5
LG-500S	500	LIEBHERR G9512	0,97	4,5
MITSUBISHI 1000 кВт	1000	MITSUBISHI S16R-PTA	1,05	4,5
FG Wilson PG1250B2 1000 кВт	1000	Perkins 4016-61TRS2	1,22	4,2
Трансмашхолдинг 1000 кВт	1000	8ГДГ49	1,3	3,9

Из представленных установок наиболее выгодными для установки, с точки зрения экономических показателей, являются:

до 100 кВт – Daewoo Doosan с двигателем Doosan P086TI, со сроком окупаемости 6,9 лет и с себестоимостью электроэнергии 1,83 руб.

до 200 кВт – по сроку окупаемости предпочтительней установка ЯМЗ с двигателем ЯМЗ 7514 3,1 года, а по себестоимости электроэнергии Daewoo Doosan с двигателем DOOSAN P158LE – 1,36 руб.

до 500 кВт – по сроку окупаемости предпочтительней установка MITSUBISHI с двигателем MITSUBISHI S12A2-PTA 4,2 года, а по себестоимости электроэнергии LG-500S с двигателем LIEBHERR G9512 – 0,97 руб.

до 1000 кВт – по сроку окупаемости предпочтительней установка Трансмашхолдинг с двигателем 8ГДГ49 3,9 лет, а по себестоимости электроэнергии MITSUBISHI с двигателем MITSUBISHI S16R-PTA – 1,05 руб.

УДК 536.24

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОРЕБРЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ РАСЧЕТА РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА С ПОРИСТЫМИ ВСТАВКАМИ

ГАБДУЛВАЛИЕВА Е.И., КазНЦ РАН, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, профессор КИРСАНОВ Ю.А.

Рассматривается рекуперативный теплообменник пластинчатого типа, состоящий из чередующихся друг с другом пористых вставок 1 и 2 (рис. 1) призматической формы, разделенных непроницаемыми стенками 3 толщиной $\delta_{ст}$. Длина l и ширина B пористых вставок в обоих трактах одинакова. В каналах толщины пористых вставок составляют соответственно h_1 и h_2 . Крайние каналы имеют толщину $h_1/2$, если $h_1 > h_2$, или $h_2/2$, если $h_2 > h_1$. Между пористыми вставками и стенками 3 возможны зазоры δ_3 , создающие дополнительные термические сопротивления. Структура пористости вставок характеризуется объемной пористостью ε_v , диаметром сферических пор $d_{сф}$, эквивалентным диаметром каналов d_3 , эквивалентным диаметром перемычек каркаса $d_{ск}$, удельной поверхностью пористости $f_{ск}$, относительной площадью поперечного сечения каркаса $\varepsilon_{ск}$ [Кирсанов Ю.А., Назипов Р.А., Данилов В.А. Геометрические и теплофизические характеристики высокопористой структуры // Известия вузов. Авиационная техника. 2010. № 2. С. 49-52.].

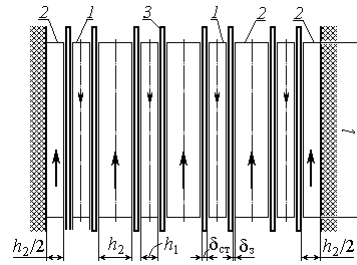


Рис. 1. Схема теплообменного аппарата: 1 – пористые вставки горячего тракта; 2 – пористые вставки холодного тракта; 3 – разделительные пластины

Инженерная методика теплового расчета рекуперативного теплообменника с пористыми вставками базируется на известной формуле для тепловой нагрузки, передаваемой от горячей среды холодной среде:

$$Q = \overline{\Delta t}_f F_0 \left/ \left(\frac{F_0}{\alpha_1 \eta_1 F_1} + \frac{F_0}{\alpha_2 \eta_2 F_2} + \frac{\delta_{СТ}}{\lambda_{СТ}} + r_{3,1} + r_{3,2} \right) \right.,$$

где $\overline{\Delta t}_f$ – температурный напор между теплоносителями, К; F_0 – площадь гладкой разделительной стенки, м²; F_j – площадь полной поверхности теплообмена со стороны j -го ($j = 1, 2$) теплоносителя, м²; $\delta_{СТ}$ – толщина стенки, м; $\lambda_{СТ}$ – теплопроводность стенки, Вт/(м·К); $r_{3,j}$ – термическое сопротивление загрязнения на j -й поверхности стенки, м·К/Вт; η – коэффициент эффективности оребрения; индексы «1» и «2» относятся к трактам горячего и холодного теплоносителей, соответственно.

Коэффициент эффективности оребрения η учитывает степень неоднородности температурных полей в пористой вставке. Для ребер правильной геометрической формы известна теоретическая формула [Мухачев Г.А., Шукин В.К. Термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1991. 480 с.].

$$\eta = th(m l_{эф}) / (m l_{эф}), \quad (1)$$

где $m = \sqrt{\alpha u / (\lambda_w f)}$, м⁻¹; u – периметр отдельного ребра, м; f – площадь поперечного сечения ребра, м²; λ_w – теплопроводность материала ребра, Вт/(м·К); $l_{эф}$ – эффективная длина ребра, м.

Для теплообменника с пористыми вставками формула для тепловой нагрузки принимает вид:

$$Q = \frac{\overline{\Delta t_f F_0}}{\frac{1}{\alpha_1 \eta_1 (1 + h_1 f_{\text{СК},1})} + \frac{1}{\alpha_2 \eta_2 (1 + h_2 f_{\text{СК},2})} + \frac{\delta_{\text{СТ}}}{\lambda_{\text{СТ}}} + \frac{r_{3,1}}{h_1 f_{\text{СК},1}} + \frac{r_{3,2}}{h_2 f_{\text{СК},2}} + \frac{1}{\alpha_{3,1}} + \frac{1}{\alpha_{3,2}}} \quad (2)$$

Коэффициенты эффективности оребрения η разделительной стенки пористой вставкой могут быть рассчитаны по формуле

$$\eta = \left(\overline{t_{\text{СК}}} - \overline{t_f} \right) / \left[\overline{t_{\text{СК}}(h)} - \overline{t_f} \right], \quad (3)$$

где $\overline{t_{\text{СК}}}$ и $\overline{t_f}$ – среднеобъемные температуры каркаса и теплоносителя, К; $\overline{t_{\text{СК}}(h)}$ – средняя по длине температура поверхности каркаса, прилегающая к разделительной стенке, К.

Необходимая для расчета по формуле (3) информация о температурных полях в каркасе пористых вставок и потоках теплоносителей определена с помощью математической модели [Кирсанов Ю.А., Иванова Е.И. Методика теплового расчета пластинчатого теплообменника с пористыми вставками // Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2011»: Материалы VI Международной научно-технической конференции. Т. 2. Казань, 12-14 октября 2011 г. Казань: Изд. КГТУ. 2011. 732 с. / С. 511-517.].

Работа выполнена по программе совместных с Научным центром порошкового материаловедения (ПГТУ, г. Пермь) исследований.

УДК 621.182

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ПАРОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ

ГАЙНУТДИНОВ Р.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ВАЛИЕВ Р.Н.

Был проведен структурный анализ тепловой схемы паровой котельной. Тепловая схема включает в себя 25 элементов: 1 элемент – паровой котел; 2 элемент – питательный деаэратор; 3, 10, 11, 15 элементы – теплообменники; 4 элемент – питательный насос; 5 элемент – блок сетевых подогревателей; 6 элемент – сетевой насос; 7 элемент – подпиточный насос; 8, 20 элементы – редуционно-охладительные установки; 9 элемент – сепаратор непрерывной продувки; 12 элемент –

химводоочистка; 13 элемент – потребители технологического пара; 14 элемент – потребители сетевой воды; 16, 17, 18, 19, 24, 25 элементы – узел разделения; 21, 22, 23 элементы – узел смешения.

В результате проведения структурного анализа с использованием специализированной прикладной программы были получены следующие результаты. Определена необходимая для полной идентификации контуров степень перемножения сокращенной матрицы смежности: 19. Определено количество контуров тепловой схемы: 12 контуров. Определено минимальное количество условно разрываемых потоков, позволяющих выполнить последовательный итерационный расчет тепловой схемы: 3 потока. Выявленные контуры: 1 контур образован элементами схемы 2-3-10-2; 2 контур образован элементами схемы 1-9-2-25-4-1; 3 контур образован элементами схемы 3-10-2-25-15-3; 4 контур образован элементами схемы 5-14-24-23-6-5; 5 контур образован элементами схемы 1-9-10-2-25-4-1; 6 контур образован элементами схемы 1-16-8-17-20-2-25-4-1; 7 контур образован элементами схемы 2-25-15-7-23-6-5-22-21-2; 8 контур образован элементами схемы 1-16-8-17-18-11-21-2-25-4-1; 9 контур образован элементами схемы 1-16-8-17-18-19-13-22-21-2-25-4-1; 10 контур образован элементами схемы 5-22-21-2-25-4-1-16-8-17-18-19-5; 11 контур образован элементами схемы 1-16-8-17-18-11-12-15-3-10-2-25-4-1; 12 контур образован элементами схемы 1-16-8-17-18-11-12-15-7-23-6-5-22-21-2-25-4-1. Условно разрываемые потоки в тепловой схеме (используется следующие обозначение: номер потока/номер выходного блока – номер входного блока): 3/10-2, 6/2-25, 14/23-6. Разрыв потока деаэрированной питательной воды 6 позволяет рассчитать контуры 2,3,5,6,7,8,9,10,11,12. Разрыв потока нагретой химочищенной воды в деаэратор 3 позволяет рассчитать контур 8. Разрыв потока обратной сетевой воды 14 позволяет рассчитать контур 1.

Полученные результаты позволяют провести расчет технологической схемы по одному из наиболее оптимальных вариантов.

УДК 658.26

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПАРΟΣНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

ГАЛЕЕВ К.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Э.А.

Проектирование магистральных трубопроводов – очень важный, сложный и ответственный процесс. При их эксплуатации очень важно обеспечить непрерывное снабжение теплоносителем в виде горячей воды и/или пара, а также необходимо поддерживать заданные параметры теплоносителя в допустимых пределах. Немаловажным фактором также является предотвращение всевозможных утечек пара и/или горячей воды на линии.

Одним из главных достоинств перегретого пара является почти полное отсутствие капельной влаги. Транспортировка теплоносителя в виде пара должна обеспечивать минимальное образование конденсата на магистральных трубопроводах, потому что любая влага ведет к коррозии изоляции и последующим утечкам тепла в окружающую среду. По мнению специалистов в области теплоэнергетики, оптимальным режимом для транспортировки перегретого пара является режим, при котором пар находится в состоянии, близком к насыщенному, что не более 10 °С от температуры кипения. Также это является достоинством такого состояния пара, ведь этот режим не требует установки дополнительных установок для его охлаждения.

Но, как показывает практика и многолетний опыт, порой в отдельные отопительные или неотопительные периоды, в разное время года, по различным причинам происходит частичная конденсация теплоносителя на поверхность магистрали, что делает известные используемые методы расчета не пригодными. Появление влаги в теплопроводах приводит к увеличению теплопередачи между теплоносителем и окружающей средой, что снижает эффективность всей системы пароснабжения.

Поэтому для предотвращения снижения эффективности необходима корректировка методов расчета с учетом данных утечек. И в данный момент времени очень важно разработать такую энергоэффективную систему пароснабжения, при которой будет возможно уменьшить теплопотери по всей длине трубопровода. Очевидно, что для проектирования этой модели необходимо провести подробный

гидравлический расчет магистрали, а также провести ряд мероприятий по снижению потерь пара.

Считаем, что разработка и проектирование энергоэффективной системы пароснабжения является актуальной задачей для любого предприятия.

УДК 550.812.14

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАССИРОВКИ СКРЫТЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

ГАПОНЕНКО С.О., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Надежность энергетических систем напрямую зависит от внедрения мероприятий по предотвращению аварийных ситуаций. Наиболее опасными из них являются механические повреждения трубопроводных систем, возникающие в результате проведения ремонтных или строительных работ. При проведении земляных работ рекомендуется использовать специализированные приборы для обнаружения скрытых коммуникаций (трассоискатели). Однако серийно-выпускаемые трассоискатели основываются на регистрации электромагнитных полей различной частоты и природы возникновения, что ограничивает возможность детектирования неметаллических объектов [1].

Предлагается новый метод определения трассировки скрытых каналов и трубопроводов (патент на изобретение № 2482515). Метод заключается в генерации резонансных звуковых колебаний в полости искомого объекта, при этом оконтуривание этого объекта осуществляется путем перемещения чувствительного элемента (микрофона или пьезоэлектрического датчика) над зоной поиска [2,3]. Прибор, основанный на регистрации звукового поля, в отличие от электромагнитного, позволит существенно расширить область детектирования полых объектов, изготовленных из различных материалов. Научная значимость проекта характеризуется разработкой методической и приборной базы нового метода, а также его апробацией путем проведения численных и натурных экспериментов.

Для разработки универсальной методики определения трассировки скрытых трубопроводов необходимо решить следующий ряд задач:

1. Разработать алгоритмы обработки и анализа виброакустических сигналов, принимаемых в результате перемещения чувствительного элемента над зоной поиска.

2. Разработать и изготовить прибор, реализующий новый метод определения трассировки скрытых трубопроводов.

3. Провести экспериментальные исследования на натуральных объектах.

4. Провести численные эксперименты и сопоставить достоверность проведенных натуральных испытаний.

5. Разработать правила и алгоритмы проведения поисковых работ с применением нового метода и прибора.

Для разработки методики и оценки степени достоверности натуральных испытаний планируется использовать метод конечноэлементного моделирования в программе ANSYS. Задачи обработки и анализа виброакустических сигналов будут решены с привлечением среды программирования LabVIEW. При выполнении работы будут использованы вероятностно-статистические методы математической обработки результатов измерений и аттестованные контрольно-измерительные приборы.

В результате дальнейших исследований производился расчет собственных колебаний трубопровода (материал – полиэтилен) (рисунок), применяя расчетно-программный комплекс ANSYS.

В программной среде ANSYS была построена модель бездефектной трубы. Размеры исследуемой трубы составляют: длина – 1380 мм, диаметр – 25 мм, толщина стенки трубы – 2 мм. Крепления трубы по поверхностям при расчетах принимались жесткими и производились с разных концов трубы.



Трубопровод (полиэтилен) 1380x25x2

Предварительные результаты, проведенные с помощью метода конечноэлементного моделирования в программе ANSYS, показали возможность получения достоверной информации о расположении скрытых трубопроводов.

Литература

1. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Модельная установка для разработки способа определения местоположения скрытых трубопроводов// «Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики». – Казань: КГЭУ, – 2014. – №7-8. – С.123-129.

2. Кондратьев А.Е., Загретдинов А.Р., Гапоненко С.О. Способ определения расположения трубопроводов: пат. Рос. Федерация, заявитель и патентообладатель КГЭУ. – №2482515; заявл. 15.12.2011; опубл. 20.05.2013.

3. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом // «Вестник Северо-Кавказского федерального университета». – Ставрополь, СКФУ, – 2015, – № 2 (47), – С.8-15.

УДК 621.311

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ НЕКОМБИНИРОВАННОЙ ВЫРАБОТКЕ ТЕПЛОТЫ

ГИМАЕВА Г.А., ЕФРЕМОВ А.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОСТЫЛЕВА Е.Е.;
канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Т.Р.

В настоящее время повышение эффективности работы систем теплоснабжения является актуальной задачей. Основной задачей системы теплоснабжения является надежное, бесперебойное, экономичное обеспечение тепловой энергией и горячей водой жилых и общественных зданий, объектов промышленности и прочих потребителей. Правильное решение вопросов теплоснабжения во многом определяет эффективность использования топливно-энергетических ресурсов, значительная часть которых расходуется на покрытие потребностей в тепловой энергии жилищно-коммунального хозяйства и промышленности.

С каждым годом тарифы на тепло растут и поэтому повышение эффективности системы теплоснабжения напрямую связано не только с экономией средств граждан, но и с экономией энергоресурсов в городе в целом.

Целью работы является разработка комплекса мероприятий, направленных на повышение эффективности работы котельной.

Анализ функционирования российских котельных позволил выявить десять основных проблем, на решение которых должна быть нацелена программа их реконструкции и развития:

1. Высокие удельные расходы топлива на производство тепловой энергии.
2. Отсутствие приборного учета потребления топлива и/или отпуска тепловой энергии на значительном числе котельных.
3. Низкий остаточный ресурс и изношенность оборудования.
4. Нарушение сроков и регламентов проведения работ по наладке режимов котлов.
5. Нарушение качества топлива, вызывающее отказы горелок.
6. Низкий уровень автоматизации, отсутствие автоматики или применение непрофильной автоматики.
7. Отсутствие или низкое качество водоподготовки.
8. Несоблюдение температурного графика.
9. Высокая стоимость топлив.
10. Нехватка и недостаточная квалификация персонала котельных.

В данной работе будут выявлены основные причины нерационального использования энергетическими ресурсами. Также будут предложены энергосберегающие мероприятия в котельной и запитанного от него жилого микрорайона, расположенного в городе Казань.

В результате проделанной работы можно будет наглядно увидеть необходимые затраты по внедрению энергосберегающих мероприятий, экономию и сроки окупаемости каждого из мероприятий.

УДК 621.352

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

ГУМЕРОВ И.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Э.А.

Применение технологий энергосбережения актуально сегодня во всех сферах человеческой жизнедеятельности, но, в первую очередь, – в промышленности. С энергосбережением связаны многие мировые глобальные проблемы: ограниченность разведанных мировых запасов топливно-энергетических ресурсов, экологические последствия роста

производства и потребления энергии. В России проблемы энергосбережения свои: потери в системе теплоснабжения доходят до 60 %, а расход электроэнергии в кВт/час на 1 доллар США валового продукта составляет в 4 раза больше, чем на мировом рынке.

Применение энергосберегающих технологий в перспективе дает возможность существенно снизить энергоемкость экономики. Одной из наиболее перспективных инновационных технологий, обеспечивающих эффективное использование энергии и экономию невозобновляемых энергоресурсов, является применение топливных элементов. Актуальность темы заключается в том, что на данный момент применение топливных элементов слабо реализовано.

В качестве примера рассматривается традиционный метод получения энергии и электростанции на топливных элементах. Было приведено сравнение между совместным и отдельным производством электрической и тепловой энергии. Анализ приведенных данных показывает, что общая эффективность производства электрической и тепловой энергии составляет около 58 %, а при использовании когенерации, на базе топливных элементов, она составляет около 90 %.

УДК 621.5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКИ

ДАВЛЕТБАЕВ С.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Э.А.

Современные тенденции развития энергетических систем выдвигают новые требования к надежности и безопасности работы машин сжатия и расширения, а также требуют улучшения эффективности их работы и степени автоматизации процессов.

Криогенные системы, предназначенные для получения и использования гелиевых температур, стали важным инструментом научно-технического прогресса в областях, где стало возможным применение явления сверхпроводимости. Основным составляющим элементом криогенной гелиевой системы является криогенная гелиевая установка (ожижитель, рефрижератор или ожижитель-рефрижератор). При этом схемы криогенных гелиевых установок, в зависимости от холодопроизводительности и требуемого уровня криостатирования сверхпроводящих объектов, различаются числом ступеней охлаждения, способом включения детандеров, количеством технологических потоков и

уровнем их давлений, типами теплообменных аппаратов, схемными решениями низкотемпературных ступеней охлаждения и рядом других признаков. Очевидно, что эффективность криогенной гелиевой установки во многом зависит от правильно выбранных основных параметров криогенного цикла гелиевой установки: рабочего давления; температурного уровня включения ступеней охлаждения и разностей температур; теплопритока из окружающей среды и др. Выбор рабочего давления в значительной мере определяется стремлением к достижению максимального значения изотермического эффекта дросселирования на температурном уровне включения низкотемпературной ступени охлаждения.

УДК 621

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ НА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АППАРАТОВ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА

ДАВЛЕТКУЛОВ А.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Э.А.

В 90-е гг. Ю.Н. Васильевым, А.И. Гриценко и В.Д. Нестеровым были проведены экспериментальные исследования теплоотдачи на отечественных аппаратах воздушного охлаждения типа газ-вода. По результатам этих экспериментов было выявлено, что для повышения тепловой эффективности и снижения энергоемкости отечественных аппаратов необходимо провести следующие мероприятия: перевести отечественные АВО типа воздух-вода на экономичный режим работы с углом атаки лопастей вентиляторов $\beta = 15^\circ$, а также применить стерженьковое оребрение с диаметром стержня 2,4 мм, что позволит увеличить коэффициент теплоотдачи в 2 раза; для АВО типа воздух-воздух необходимо обеспечить равенство скоростей теплоносителей при противоточной схеме их движения и использовать стерженьковое оребрение с диаметром стержня 2,4 мм.

И.П. Савинов занимается исследованием применения аппаратов воздушного охлаждения газа в северных условиях, начиная с 70-х гг. Одной из его разработок стала полностью модернизированная система охлаждения газа с применением так называемых «ледяных» станций, где

вместо пропанового охлаждения, используемого в компрессионных пропановых холодильных машинах на компрессорных станциях полуострова Ямал, применяют воздух и обратную воду, охлажденные за счет холода многолетнемерзлого грунта и намораживаемого зимой впрок ледника. Применение данной технологии в летнее и весенне-осеннее время позволяет не только сократить количество АВО, но и уменьшить (на 30 % и более) использование дорогостоящего пропанового охлаждения.

А.В. Лун-Фу и В.Н. Королев для снижения температуры газа на выходе сравнивали использование воздуха и смеси воздуха с капельками влаги. Было установлено, что температура охлаждаемой среды при впрыскивании воды становится ниже, чем при охлаждении только воздухом.

С.П. Драник, В.Я. Иванов, Б.С. Палей и О.И. Щеникова с помощью математического моделирования в пакете программ ANSYS Design Modeler создана модель АВО с оптимальным и скоростным полем воздушного тракта. Разработанная модель легла в основу для разработки аппаратов воздушного охлаждения нового поколения. Предполагается использование данного АВО в условиях двухступенчатого охлаждения с применением датчиков гидрантных пробок, что позволит охладить газ до более низких температур.

С.В. Алимов, В.А. Лифанов и О.Л. Миатов рассматривают различные способы повышения эффективности АВО (применение насечек на оребрении, сравнение аппаратов с различным расположением вентиляторов). Было установлено, что применение насечек позволяет улучшить теплообмен, но при этом возрастает скорость забиваемости такого трубного пучка и трудность его последующей очистки. Измерениями было установлено, что теплосъем у аппаратов с нижним расположением вентилятора выше, чем теплосъем у АВО с верхним расположением.

А.А. Габдрахмановым и Н.А. Гаррис предложено вытяжное устройство, которое позволит стабилизировать работу вентиляторов АВО, повысить эффективность охлаждения газа в аппарате и увеличить наработку подшипников вентиляторов АВО.

УДК 621.31.22:621.592

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ТУРБОВАЛЬНЫХ ГТД НА ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ

ДЖОРАЕВ С.Б., БАКЛАНОВ А.В., КНИТУ-КАИ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЛИМАНСКИЙ А.С.

Разработка и создание энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий и оборудования в энергомашиностроении является актуальной. Технологический процесс испытания ГТД на станциях имеет низкое значение КПД, поскольку отходящее тепло, превышающее в 1,5–2 раза и более собственную номинальную мощность, безвозмездно выбрасывается в окружающую среду. Например, при сдаточных испытаниях одного ГТД мощностью 18 МВт выбрасываемая вместе с отходящими газами тепловая мощность с учетом режимов достигает около 40 МВт, а суммарное выбрасываемое им тепло составляет около 0,6 ГДж за цикл испытания.

На компрессорных станциях газотранспортных магистралей ГТД, которые работают практически на стационарных режимах, нашли применение котлы-утилизаторы, устанавливаемые в выхлопной тракт двигателя для теплоснабжения собственных нужд и населенных пунктов.

Однако при сдаточных и доводочных испытаниях при производстве ГТД характерны цикличность (по программе) режимов и прерывистость испытаний, стенды значительное время суток не загружены. Это обстоятельство затрудняет использование традиционных способов утилизации.

В работе рассматривается утилизационный комплекс, состоящий из утилизационного газожидкостного теплообменного аппарата, устанавливаемого в выхлопной газодинамический тракт испытуемого.

ГТД – полностью может быть использован изготавливаемый промышленностью котел-утилизатор производства НПЦ «Анод», работающий в составе НК-16-18СТ и НК-38СТ. Причем в качестве промежуточного теплоносителя вместо воды используется специальное термомасло, допускающее рабочую температуру до 300 °С и более и служащее для транспортировки тепла в специальный водорезервуар-аккумулятор. Он, учитывая цикличность и прерывистость испытаний и имея достаточно большую емкость, сглаживает и обеспечивает

непрерывное потребление тепла с нормативными параметрами (температура подаваемой воды 100...150 °С) в промежутках между испытаниями.

В свою очередь водорезервуар снабжен тоже теплообменным аппаратом типа жидкость-жидкость, например, змеевиковым, при помощи которого передается тепло от промтеплоносителя к воде в резервуаре. Причем расход термомасла согласуется с расходной теплоемкостью (произведение теплоемкости на расход) источника тепла (газа) испытуемого ГТД. Подача термомасла обеспечивается с помощью циркуляционного насоса, коммуникаций и регулирующей арматуры. Циркуляция же воды в резервуаре обеспечивается специальными водяными насосами, помещенными внутри.

Произведены расчеты комплекса при сдаточных и доводочных испытаниях на стендах приводных ГТД НК-16-18СТ и НК-38СТ. Продолжительность работы ГТД, учитывая программу, было принято 4 часа в сутки. Определены интегральные характеристики за цикл испытания: эффективная мощность испытуемого ГТД, его КПД, отходящая температура газа, КПД котлов-утилизаторов был принят 0,8. В работе был использован метод определения объема водяного резервуара, аккумулирующий тепло, путем расчета суммарного за цикл испытания тепла, в расчетах оставил около 330 ГДж, диапазон нагрева воды 70-150 °С. Масса аккумулирующей воды составила 560 тонн, соответствующие размеры резервуара 14м*10м*4м. Определен расход воды при температуре 100-150 °С для теплоснабжения предприятия, он составил 27,4 т/ч, мощность, выдаваемая утилизационным комплексом составляет около 1,27 Гкал/ч (1,48МВт). Приведенная тепловая мощность может быть иной, полностью зависит от программы выпускаемых (испытуемых) ГТД и в значительной мере может сократить потребление топливного газа внутризаводской котельни.

УДК 620.9

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК В ОДНОРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

ЗАГРЕТДИНОВА А.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Рациональное использование отходов однородного хозяйства – важная проблема современной экономики и энергетики. Наиболее распространенное решение этой проблемы заключается в получении энергии из биомассы путем анаэробного сбраживания отходов производства в биогазовых установках. Получившиеся в результате этого процесса продукты представляют собой большую ценность как газообразное топливо и органическое удобрение [1].

На сегодняшний день существует различное множество разнообразных биогазовых установок. Примером может служить биоэнергетическая установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза, разработанная в Казанском государственном энергетическом университете [2].

Преимущественные особенности установки:

1. Маленькие теплотери в окружающую среду. Достигаются за счет заглубления реактора в грунт и дополнительного облачения в теплоизоляцию.

2. Экономия площади строительства. Нахождение реактора под землей позволяет устанавливать над собой составляющие элементы установки:

- емкость для исходного сырья;
- емкость для сбора перебродившей биомассы;
- газгольдер;
- компрессор;
- ресивер;
- газовые баллоны.

3. Использование избыточного давления сжатого газа для удаления «корки». Для этого устанавливается жестко закрепленная решетка, об которую ударяется «корка» под действием избыточного давления сжатого газа, в качестве которого используется метан из газовых баллонов или биогаз, полученный в результате анаэробного сбраживания.

4. Исключение возникновения коррозии реактора и снижение затрат на его изготовление. Материалом реактора является полиэтилен, который по сравнению с металлом, является наиболее дешевым и не подвергается коррозии.

Литература

1. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М., «Биогаз: теория и практика» (пер. с нем. и предисловие М. И. Серебряного.) – М.: Колос, 1982 – С. 4.

2. Установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза // Патент России № 2422385, 30.11.2009. / Кондратьев А. Е., Павлов Г. И., Борисов С. Г., Загреддинов А. Р.

УДК 658.26:621.311.22

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОТ ТЭЦ

ЗАЛЯЛЕТДИНОВ И.Т., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

На ТЭЦ осуществляется выработка тепловой и электрической энергии. Главная особенность ТЭЦ – это теплофикация, которая подразумевает комбинированное производство электроэнергии и тепла, получаемых паром, отработавшим в приводных тепловых двигателях электростанций, для целей централизованного теплоснабжения. Основная часть тепловой нагрузки при этом покрывается отработавшей теплотой, производимой теплофикационными турбинами на ТЭЦ, в которых производство электрической энергии достигается комбинированным методом. Из вышеизложенного следует, что на ТЭЦ для теплоснабжения применяется тепло низкого давления, а для выработки электроэнергии – тепло высокого давления. В чем и заключается смысл комбинированной выработки тепла и электроэнергии.

Подготовка воды или пара к транспортировке по сети и возврат использованного теплоносителя на ТЭЦ является главной задачей теплофикационного оборудования ТЭЦ. Вид оборудования зависит от вида ТЭЦ и системы теплоснабжения.

В качестве теплоносителя на ТЭЦ, в зависимости от требуемых нагрузок, используется вода либо пар, каждый из которых имеет свои преимущества. Если сравнить по основным показателям, то преимущества пара:

- 1) быстрый прогрев систем парового отопления;
- 2) применение пара для технологических нужд;
- 3) низкая стоимость паровых систем.

Преимущества воды:

- 1) транспортировка на длинные расстояния без существенных потерь тепла;
- 2) центральное регулирование тепловой отдачи систем теплоснабжения;
- 3) долгий срок службы систем вентиляции и отопления.

Таким образом, ТЭЦ является наиболее экономичным источником тепла, так как она дает большую экономию за счет комбинированной выработки тепла и электроэнергии.

УДК 628.35

АВТОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ СЖИГАНИЯ ИЛОВОГО ОСАДКА В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

ЗАМАЛИЕВ А.Н., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Костылева Е.Е.

Горение – быстропротекающие химические превращения экзотермического характера, т.е. сопровождающиеся выделением тепла. Химическая реакция горения носит окислительный характер и состоит из последовательно протекающих элементарных реакций. Выделяют автотермический режим горения, при котором теплота реакции используется для поддержания ее температурного режима. Практически это означает подогрев исходных реагентов продуктами реакции, разогретыми в результате экзотермического процесса.

Конструирование печей для сжигания осадков должно учитывать условия их оптимизации. Влажность осадков, подлежащих сжиганию, неоднозначно сказывается на горении: с одной стороны, увеличиваются затраты тепла на сушку, а с другой – горение интенсифицируется и реализуются дополнительные источники тепловыделения.

Так, при температуре сжигания 800 °С автотермический режим обеспечен, если влажность не превышает 50 %, а при 1100 °С – 25 %. Для температуры горения 1400 °С и более в данном случае автотермический режим невозможен и для сжигания нужно дополнительно затрачивать топливо.

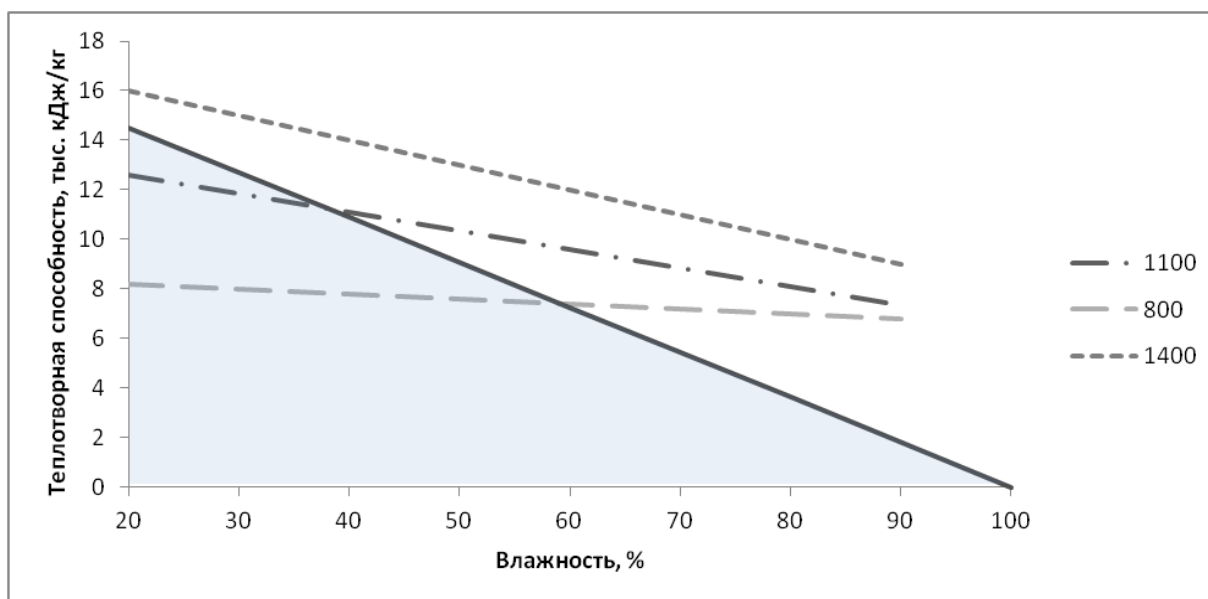


Рис. 1. Роль содержания СВ в осадке для обеспечения автотермичности

Оптимизация тепло- и массообмена, как известно, достигается увеличением площади поверхности контакта и частоты смен контактирующих поверхностей. С этой целью сжигаемое горючее вещество следует измельчать и увеличивать турбулентность в области горения. Температуры в области горения принимаются согласно исходным требованиям: распада токсичных веществ и ее достаточной скорости. Дополнительными условиями являются желательность или нежелательность плавления минеральной части осадков – золы и недопустимость химических реакций, приводящих к образованию новых токсичных соединений. В зависимости от принятого температурного режима изменяются и затраты тепла на сжигание.

Таким образом, сжигание в автотермическом режиме дает ряд преимуществ, главным из которых является отсутствие необходимости в подаче дополнительного топлива для поддержания процесса горения. Не менее важным преимуществом является возможность снижения в несколько раз габаритов и металлоемкости аппаратов, ликвидация или резкое уменьшение образования вредных газовых выбросов.

УДК 66.013

**АИТП КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ТЕПЛА
И ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ФИЛИАЛЕ АО «ТАТЭНЕРГО»
КАЗАНСКИЕ ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ**

ЗАПОЛЬСКАЯ И.Н., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ВАНЬКОВ Ю.В.

В течение отопительного периода 2014-2015 гг. в РФ количество тепловых сетей ТГК с превышенным нормативным сроком эксплуатации возросло на 3,6 %, а количество аварийных ситуаций на магистральных тепловых сетях увеличилось на 16 % по сравнению с отопительным периодом 2013-2014 гг. При этом количество не отражаемых более мелких нарушений в распределительных тепловых сетях на порядки выше. Причиной этого является высокий уровень износа тепловых сетей. Например, в г. Казани количество изношенных сетей ГВС, обслуживаемых Казанскими тепловыми сетями, со сроком эксплуатации более 10 лет составляет более 59 % от общей протяженности. При среднем обновлении сетей 3,8 % понадобится более 30 лет для ликвидации недоремонта. Ветшание тепловых сетей происходит из-за отсутствия инвестиционной составляющей в тарифе на передачу тепловой энергии на ремонт и реконструкцию теплотрасс в связи с применением регулятором предельных индексов роста платы граждан за коммунальные услуги при установлении тарифов на тепловую энергию, что не позволяет учесть все экономически обоснованные расходы.

Повысить эффективность теплоснабжения можно путем вывода из эксплуатации ЦТП и сетей ГВС и переноса функций приготовления горячей воды к потребителю посредством установки индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) в многоквартирных домах. Анализ теплоснабжения двух пятиэтажных жилых домов с ИТП и без ИТП в одном периоде регулирования показал экономию в теплоснабжении за год более 7 % (623,7 Гкал с ИТП, 671,55 Гкал без ИТП). При этом при использовании ИТП была достигнута стабильность температуры ГВС и химического состава воды.

Таким образом, экономический эффект от реализации данного проекта будет получен как теплосетевой организацией, так и непосредственно потребителями. Снижение затрат для теплосетевой организации ожидается в размере порядка 400 млн руб., из них 25 % за

счет снижения затрат на ремонты сетей и ЦТП и 18 % за счет снижения потерь тепловой энергии в сетях ГВС.

Литература

1. Фонд энергетического развития. Отчет «О ситуации с теплоснабжением в Российской Федерации», Москва, 2016 г.

2. Министерство энергетики Российской Федерации. «Российское энергетическое агентство» Федеральное Государственное бюджетное учреждение (ФГБУ «РЭА» Минэнерго России). Теплоэнергетика и централизованное теплоснабжение России в 2014 году. Информационно-аналитический доклад. Москва, 2016 г.

УДК 62.133

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

ЗАХАРОВА В.Е., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Сегодня ветроэнергетические установки (ВЭУ) достигли уровня коммерческой зрелости в местах с благоприятными скоростями ветра и могут конкурировать с традиционными источниками электроснабжения. Из всевозможных устройств, преобразующих энергию ветра в механическую работу, в основном используются лопастные машины с горизонтальным валом, который устанавливается по направлению ветра. Устройства с вертикальным валом применяются намного реже. В настоящее время в мире насчитывается около 3 млн ВЭУ, из них примерно 3,5 тыс. используются в России.

Наибольшее распространение на сегодняшний день получили ВЭУ с единичной мощностью от 100 до 500 кВт. Удельная стоимость ВЭУ мощностью 500 кВт составляет сегодня около 1200 дол./кВт и по мере совершенствования оборудования ВЭУ и увеличения объема их выпуска имеет тенденцию к снижению.

Значительные успехи в создании ВЭС были достигнуты за рубежом. Во многих странах Западной Европы построено значительно количество установок по 100-200 кВт. Во Франции, Дании и в некоторых других странах были введены в строй ВЭС с номинальными мощностями свыше

1 МВт. В Германии была создана одна из наиболее известных установок этого класса «Гровиан» с номинальной мощностью 3 МВт. Однако самое широкое развитие ветроэнергетики получила в США. Согласно историческим фактам, еще в 1941 году там была построена первая ВЭС мощностью 1250 кВт, а сейчас общая мощность всех ВЭС в Америке достигает 1300 МВт. Среди них есть и гиганты с мощностью до 4 МВт.

В отличие от большинства развитых стран системы централизованного энергоснабжения покрывают лишь третью часть территории РФ, поэтому на 70 % территории энергоснабжение населенных пунктов осуществляется в основном с помощью автономных энергоустановок, преимущественно за счет дорогостоящего привозного жидкого топлива либо за счет собственных энергоспособностей региона (уголь, торф, пр.). Ряд российских экспертов прогнозируют, что установленная мощность российского энергетического комплекса в перспективе на 2030 год составит в области ветроэнергетики 15 ГВт. Сообщается, что наиболее перспективными в развитии этого вида энергетики будут Волгоградская область и Краснодарский край, Республика Карелия, Мурманская, Калининградская, Омская, Новосибирская области, а также Хабаровский и Камчатский края.

УДК 620.9

БИОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА НА ОТХОДАХ МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ИБАДОВ А.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Добыча и применение биогаза из отходов производства молочной продукции решает достаточно актуальные вопросы. Биогазовая станция способна не только окупить себя и избавить потребителя от проблемы утилизации отходов, но и может приносить прибыль от продажи газа и удобрений. Процесс производства биогаза не сопровождается горением или выбросом в атмосферу каких-либо вредных веществ – он абсолютно закрыт и не представляет опасности для окружающей среды.

В отличие от сельскохозяйственных ферм и мусорных захоронений, часто заводы по переработке молочной продукции располагаются в черте города. При переработке молока на фабриках появляется побочная выработка, а именно остатки лактозы, молочная сыворотка и пермеат,

хорошо подходящие в качестве сырья. На практике при сбросе в водоемы отходов молочных предприятий погибает вся водная микрофлора, а через некоторое время происходит закисание молока. Поэтому для уничтожения побочных продуктов молочного производства в настоящее время используются анаэробные технологии по биологической очистке сточных вод, которые удаляют остатки молочной продукции.

Целью данной работы является рассмотрение целесообразности получения биоэнергетических соединений из отходов производства на молокоперерабатывающих предприятиях, оценка эффективности ее использования в качестве источника тепловой и электрической энергии, подбор мощности генерирующего оборудования в соответствии с мощностью нагрузки и анализ адекватности выходных параметров исследуемой системы.

Определение целесообразных условий применения типовых биореакторов, создание новых конструктивных разработок посредством технических решений по поддержанию высокой производительности получения биогаза требуют проведения обширных исследований. Все это позволит выявить приоритетные тенденции совершенствования биогазовых установок, развивая в необходимом направлении, что впоследствии повлияет на темпы их внедрения в молочную промышленность.

УДК 621.325

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

ИЛЬИН Д.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Э.А.

Повышение энергоэффективности зданий и сооружений представляет собой одно из наиболее актуальных вопросов сегодня. Минимизация потерь энергоресурсов, направляемых на жизнеобеспечение жилых объектов, дает значительный эффект энергосбережения, позволяет экономить колоссальные средства, делает жилье более качественным и комфортным.

Программа повышения энергоэффективности зданий и сооружений предусматривает выполнение целого комплекса мер, как на стадии строительства, реконструкции и ремонта объектов, так и на стадии их

эксплуатации. Основные меры энергоэффективности направлены на снижение тепловпотерь здания.

Повышение энергоэффективности и энергосбережения зданий также предусматривает выполнение ряда мероприятий, призванных обеспечить максимально экономичный расход основных энергоресурсов – электроэнергии, горячей и холодной воды, тепловой энергии.

С жильцами должна проводиться регулярная работа по разъяснению требований энергоэффективности. Необходимо стимулировать их к переходу на энергосберегающие приборы, например, на энергосберегающие, светодиодные лампы.

УДК 534.64

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РЕЗОНАНСОВ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

ИЛЬИЧЕВА А.Д., ТЕЛЯШОВ Д.А., НАКОРЯКОВ П.В., КНИТУ-КАИ,
г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЯГОФАРОВ О.Х.

При эксплуатации теплообменных аппаратов современных энергетических установок, работающих при сверхкритических давлениях охладителя, необходимо знать границы течения, сопровождаемого высокочастотными колебаниями давления, так как они влияют на процесс теплообмена, а также представляют опасность в отношении прочности конструкции при возникновении резонансов.

Анализ литературы по данному вопросу [1,2,3] позволяет предположить, что основной причиной, вызывающей колебания давления в охлаждающем тракте, является появление у нагретой теплоотдающей поверхности флуктуаций новой фазы. Проводимая большинством авторов аналогия между кипением при докритическом давлении и псевдокипением при сверхкритическом давлении позволяет сделать предположение о существовании при сверхкритическом давлении определенной температуры (температуры стенки начала кипения), после которой жидкость у нагретой стенки начинает превращаться в псевдопар. Хотя, с точки зрения термодинамики, различие между жидкостью и паром при сверхкритическом давлении не существует.

Можно определить условия начала псевдокипения по критериальной зависимости, полученной для конвективного теплообмена без псевдокипения автором [4], если предположить, что псевдокипение начинается при равенстве температуры стенки температуре максимумов теплоемкости. Как указывает автор [5], при сверхкритических давлениях у греющей стенки свойства охладителя близки к псевдогазу, а уже на границе вязкого подслоя течет однофазный охладитель, значительно недогретый до критической температуры. Попадающие в вязкий подслой отдельные турбулентные пульсации ядра потока увлекают за собой псевдогазовую среду, которая, попадая в холодный поток, принимает наименьшую поверхность шара и, схлопываясь, создает гидравлический удар, который полностью аналогичен удару от схлопывающегося парового пузыря докритического давления [6].

Литература

1. Корнелиус, Паркер Дж. Неустойчивость теплообмена вблизи термодинамической критической точки. В кн.: Достижения в области теплообмена. – М.: «Мир», – 1970. – 351-368 с.
2. Кофенгауз Н.Л. О механизме теплообмена. В сб. трудов Энергетического института им. Г.М. Кржижановского. Выпуск 25. – М.: ЭНИН. – 1974. – 229-235 с.
3. Кофенгауз Н.Л., Пантелеев В.В. Анализ исследования термоакустических колебаний при теплоотдаче к жидкости в большом объеме и к турбулентному потоку жидкости в трубах, (обзор). – М.: Информэнерго. – 1976. – 47 с.
4. Кофенгауз Н.Л. О связи кризиса теплообмена с высокочастотными автоколебаниями давления. – ИФЖ. Т17. № 4. 1969. 725 – 729 с.
5. Краснощеков Е.А., Протопопов В.С. К вопросу о теплообмене при течении углекислоты и воды в сверхкритической области параметров состояния. – Теплоэнергетика, №10. 1960. 94 с.
6. Ягофаров О.Х. Теплоотдача к углеводородным горючим в охлаждающем тракте ЖРД при сверхкритическом давлении. Дисс. кан. наук. Защищена в 1986 г. – Казань – 1986. – 215 с.

УДК 628.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЕССТОЧНЫХ СИСТЕМ

ИСЛАМОВА А.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Э.А.

В наши дни немало отраслей промышленности, которые заинтересованы в производстве высококачественной воды, используемой для технологических целей. По содержанию солей, в сравнении с исходной природной водой, такая вода должна быть в десятки тысяч раз чище. Предприятия потребляют воду в очень больших количествах, после чего образуется значительное количество сильно загрязненных производственных стоков, эти сточные воды создают опасность для водоемов, в особенности предприятия химической и нефтехимической промышленности. Стоки этих предприятий имеют сложный и переменный состав, обладают высокой токсичностью, большим содержанием растворенных загрязнений, поэтому не все методы очистки эффективны и возможность повторного использования воды на предприятиях исключается. Если заменить использование природных пресных вод, расходуемых на технологические и энергетические нужды предприятий, на очищенные сточные воды, появится возможность решить проблему нехватки водных ресурсов, а также предотвратить истощение запаса пресных вод.

Разработка новых технологий – это основной путь улучшения снабжения водой промышленных предприятий. С внедрением современных технологий можно достичь сокращения потребляемой воды и загрязненных стоков; подготовить очищенную воду к повторному использованию; организовать бессточные системы, включая сбор и использование очищенных сточных вод с территории предприятий.

Наиболее современный и экологически чистый тип систем – это бессточная система водоснабжения. Бессточная система водоснабжения, используемая на предприятии, дает возможность исключить сброс в водоем химически загрязненных стоков, утилизировать отходы производства.

В статье рассмотрены три схемы систем очистки промышленных сточных вод на предприятии при расходе воды 20 т/ч. Также была рассчитана себестоимость 1 тонны очищенной воды, полученная каждым из трех способов очистки в затратах только на тепловую и электрическую энергию.

Преимущество использования данных систем водоснабжения в том, что система повторного использования воды внутри промышленного комплекса является высокоэффективным направлением в сокращении использования водных ресурсов и сброса сточных вод.

УДК 621.991

БУДУЩЕЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ И ЗАРУБЕЖОМ

ИСМАИЛОВА Г.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Россия как ведущая мировая держава по запасам ископаемых энергетических ресурсов нуждается в альтернативных источниках энергии. В последнее время и для нее актуальным стал вопрос о совершенствовании и использовании местных нетрадиционных источников энергии. Наша страна располагает огромными запасами всех типов глубинного тепла Земли.

Сравнивая с традиционными источниками энергии, можно выделить следующие достоинства геотермальных ресурсов, такие как неисчерпаемость, повсеместность распространения, близость к потребителю, принадлежность к местным ресурсам, локальность обеспечения потребителя теплотой и электроэнергией, полная автоматизация, экономическая конкурентоспособность, безопасность и практическая безлюдность добычи геотермальной энергии, возможность строительства маломощных установок, экологическая чистота.

Однако специфика геотермальных ресурсов включает и ряд недостатков: низкий температурный потенциал теплоносителя, трудности складирования, нетранспортабельность, рассредоточенность источников, ограниченность промышленного опыта.

Центрами развития геотермальной энергетики в России стали два региона – Северный Кавказ и Камчатский край. Причем в Краснодарском крае и Дагестане использование тепловой энергии в виде термальной воды,

а на Камчатке успешно развивается строительство геотермальных электростанций.

Геотермальная энергетика имеет огромные перспективы и в зарубежных странах. Использование геотермальной энергии для нужд теплоснабжения известно в 27 странах мира. Термальные источники используются как для теплоснабжения, так и для электроснабжения.

В данном докладе представлена основная проблема геотермальной энергетики, которая кроется в необходимости обратной закачки воды в подземные источники. Вторая проблема в высокой минерализации термальных вод и наличии в них токсичных соединений. Эти недостатки приводят к тому, что необходимо создать новые технологии.

УДК 644.12

БЛАГОПРИЯТНЫЕ УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ СТРОЕНИЙ

КАЛИНИНА М.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

На поверхность Земли за год поступает солнечная энергия, эквивалентная энергии, заключенной в $1,2 \cdot 10^4$ т.у.т., что значительно превышает запасы органического топлива ($6 \cdot 10^{12}$ т.у.т.). Ежедневно на Землю поступает около $4,2 \cdot 10^{14}$ кВт·ч, а всем населением Земли за 2015 г. было израсходовано $104 \cdot 10^{12}$ кВт·ч. Таким образом, поступающая к нам солнечная энергия многократно превосходит наши энергетические потребности. Использование солнечной энергии связано с определенными трудностями, что ограничивает широкомасштабную реализацию технологий. К ним относятся: малая плотность солнечного потока, непостоянство и прерывистость поступления солнечной энергии во времени; зависимость этого потока от географического расположения приемника излучения.

Например, в Татарстане самым солнечным районом является Мензелинский (порядка 2066 св.ч.), а наименее солнечным является Бугульминский (1763 св.ч.). Суммарная солнечная радиация за год составляет примерно 3900 Мдж/кв.м.

Солнечные коллекторы являются составной частью термической солнечной установки, применяемой для нагрева хозяйственно-питьевой

воды и теплоносителя в системе отопления. Основным отличием от солнечных батарей, производящих электричество, является нагрев материала – теплоносителя. На сегодняшний день в системе отопления два вида солнечных коллекторов: плоский и вакуумный.

В качестве жидкости – теплоносителя в солнечных тепловых установках используется морозоустойчивая смесь воды и пропиленгликоля, которая протекает по коллектору и отдает полученное солнечное тепло по теплообменнику хозяйственно-питьевой воде. Жидкость, используемая в солнечных тепловых установках, должна быть морозоустойчивой зимой, чтобы не нанести вред обледенением коллектору или трубопроводу, и не должна испаряться при высокой температуре. Следует обратить внимание, что эта жидкость биологически расщепляема, она не должна быть токсичной, едкой или раздражающей. В большинстве случаев применяется смесь из 60 % воды и 40 % пропиленгликоля. Она является морозоустойчивой до температуры $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$, и ее температура кипения составляет $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. С помощью солнечного коллектора можно нагревать воду или отапливать здание.

Для европейской части России актуальность использования солнечных коллекторов в холодное время года не менее важна, поэтому необходимо учитывать некоторые особенности их зимней эксплуатации.

УДК 621.311.243:658.264

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ГВС ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ

КАМАЕВА Г.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

В настоящее время системы солнечного теплоснабжения (ССТ) становятся все более популярными во многих странах мира. Мировой опыт применения солнечных коллекторов показывает, что солнечные системы теплоснабжения могут быть эффективными и надежными для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и общественных зданий, подогрева воды в бассейнах и даже солнечного кондиционирования и опреснения воды.

Системами солнечного теплоснабжения называются системы, использующие в качестве источника тепловой энергии солнечную радиацию. Их характерным отличием от других систем

низкотемпературного отопления является применение специального элемента – гелиоприемника, предназначенного для улавливания солнечной радиации и преобразования ее в тепловую энергию.

Резкий рост стоимости органических энергоресурсов в последнее время дал развитию солнечной теплоэнергетики дополнительный импульс.

Как же обстоят дела с созданием систем солнечного теплоснабжения в настоящее время? В значительной мере успехи этой отрасли в Европе объясняются мощной законодательной и финансовой поддержкой во всех странах европейского сообщества. В нашей стране как та, так и другая поддержки полностью отсутствуют, и поэтому достижения в этой области минимальны, хотя небольшое количество систем все же создано и успешно работает.

Солнечная энергетика еще в самом начале пути. Ее вклад в общее мировое энергопотребление не превышает 0,1 %, а среди возобновляемых источников ей принадлежит около 1 %. Но технический прогресс, достигнутый в этой области за последнее десятилетие, так велик, что специалисты дают весьма оптимистические прогнозы: уже к середине XXI века солнечная энергетика наряду с другими возобновляемыми источниками (геотермальные и приливные станции, ветровые турбины и др.) может занять ведущее положение в мире.

Таким образом, можно рассмотреть конкретные схемы солнечных систем, подходящие климатическим условиям нашей страны, и какие комплексы наиболее перспективны в наших условиях.

Литература

1. Драффи Дж. А, Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: Мир. – 420 с.
2. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика. МЭИ, 2008 год, – 317 стр.

УДК 625.781

СПОСОБЫ И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

КАРИМОВ Р.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Большинство подземных коммуникаций на сегодняшний день проходят под землей, так как это дает больше пространства и удобства для

благоустройства города. Информация о прохождении подземных трубопроводов является самым важным результатом обследования. Неточная или искаженная информация может стать причиной ошибок в интерпретации полученных данных и явиться поводом для ненужных затрат. Еще хуже, если в результате неполных или неточных данных обследования подвергаются опасности жизнь и здоровье людей, поэтому очень важно научиться точно и правильно обследовать подземные коммуникации. Данные по прохождению различных труб используются при проектировании или реконструкции теплотрасс. Эти данные наносятся на план, в котором также отображена общая ситуация местности.

Существует несколько методов определения расположения коммуникаций: использование доступной документации, ориентирование по колодцам, георадары, акустическая локация, инфракрасная термография, лозоискательство, электромагнитная локация.

Обследование подземных коммуникаций начинается с использования данных, которые находятся в организациях, обслуживающих эти коммуникации. К ним также относятся различные чертежи с привязками к данным трубам.

Обычнохождение коммуникаций можно определить, открывая колодцы, при этом можно определить глубину прохождения труб, что очень важно для проектировщиков. Но зачастую подземные коммуникации могут изгибаться и изменять степень заглубленности, что не всегда отражается в документации. Таким образом, поиск новых и совершенствование известных методик и методов трассировки заглубленных трубопроводов является актуальной задачей.

В настоящее время особое внимание уделяется применению приборного оснащения трассировочных поисков. К сожалению, универсального прибора, позволяющего определять наличие подземных коммуникаций, не существует. Имеющиеся приборы позволяют производить поиск заглубленных коммуникаций или только на определенной глубине (что неприемлемо при изменении степени заглубленности искомого объекта), либо прибор настроен на поиски труб, выполненных из определенного материала (магнитный или немагнитный металл, полимер и пр.).

К наиболее часто применяемым приборам сегодня можно причислить такие наименования, георадар МГ-400, акустический трассоискатель ТЭК-120 ТА, термограф ИРТИС-2000, электромагнитный трассоискатель АГ-528.60.

Каждый из этих приборов индивидуален и построен на определенном физическом принципе. Применение нескольких приборов в комплексе позволят значительно повысить степень вероятности определения заглубленных трубопроводов, особенно это актуально в городских условиях, где подземные коммуникации расположены очень плотно, на разных уровнях и в различных направлениях. Острота проблемы усугубляется, если под землей находится большое количество старых, выведенных из эксплуатации трубопроводов, документация на которые уже утеряна, а действующие коммуникации принадлежат разным ведомствам, координация взаимодействия с которыми может быть затруднена.

УДК 65.012.123

ВАРИАНТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ КОТЕЛЬНОЙ

КАРЯЖНИКОВ К.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЗИГАНШИН Ш.Г.

В связи со снижением потребления тепловой энергии необходимо провести оптимизацию работы котельного цеха для повышения технико-экономических показателей.

Рассматриваемый котельный цех состоит из двух частей: главный корпус и корпус паровой котельной.

В главном корпусе расположены 4 котла ПТВМ-100 и 3 паровых котла ГМ-50/14 (один из них находится на консервации), общей производительностью по пару 150 т/ч, по горячей воде 400 Гкал/ч. Котельное оборудование корпуса работает в осенне-зимний период.

В корпусе паровой котельной расположены 3 паровых котла ДКВР-20/13, 1 котел ДКВР-10/13, 2 котла ПТВМ-30, общей производительностью по пару 70 т/ч, по горячей воде 60 Гкал/ч. Два котла ДКВР-20/13 находятся на консервации. Паровая котельная работает с мая по ноябрь [1].

Общая установленная мощность котельной составляет 590,2 Гкал/ч, в том числе 112,9 Гкал/ч на консервации.

Годовой отпуск тепла в 2014 г. составил по приборному учету – 314965 Гкал, из них по горячей воде – 260615 Гкал, по пару – 54350 Гкал.

Таким образом, разность между установленной мощностью котельной и реальным потреблением тепла составила порядка 530 Гкал/ч, что является большим и нерациональным запасом мощности.

Целью реконструкции котельной является снижение производительности котельной путем замены котлов, при этом рассматривается несколько вариантов.

Вариант 1. Демонтаж котлов паровой котельной. Демонтаж котлов главного корпуса с сохранением 2 котлов ПТВМ-100 (1 резервный) и 2 котлов ГМ-50/14 (1 резервный). В результате получим необходимую нагрузку для покрытия нужд потребителя теплом в виде горячей воды 100 Гкал/ч (+100 Гкал/ч в резерве) и пара 50 т/ч (+50 т/ч в резерве).

Вариант 2. Демонтаж всех котлов главного корпуса котельной, установка в нем 2 котлов ПТВМ-50 (1 резервный). Демонтаж всех котлов в паровой котельной, кроме котлов ДКВР-20/13 и ДКВР-10/13(резервный). В результате получим необходимую нагрузку для покрытия нужд потребителя теплом в виде горячей воды 50 Гкал/ч (+50 Гкал/ч в резерве) и пара 20 т/ч (+10 т/ч в резерве).

Вариант 3. Демонтаж паровой котельной. Замена имеющихся котлов главного корпуса на 2 котла ПТВМ-50 (1 резервный) и 2 котла ДКВР-20/13(1 резервный). В результате получим необходимую нагрузку для покрытия нужд потребителя теплом в виде горячей воды 50 Гкал/ч (+50 Гкал/ч в резерве) и пара 20 т/ч (+20 т/ч в резерве).

Вариант 4. Демонтаж главного корпуса котельной. Демонтаж одного котла ДКВР-20/13 и ДКВР-10/13 в паровой котельной, для резервирования двух имеющихся котлов ПТВМ-30 установка еще одного котла ПТВМ-30. В результате получим необходимую нагрузку для покрытия нужд потребителя теплом в виде горячей воды 60 Гкал/ч (+30 Гкал/ч в резерве) и пара 20 т/ч (+20 т/ч в резерве).

В результате анализа разработанных вариантов было отдано предпочтение варианту 4, поскольку котлы ПТВМ-30 и котел ДКВР-20/13 будут покрывать необходимую нагрузку, и данное решение, на первый взгляд, будет нести наибольший экономический эффект среди представленных вариантов[2].

Литература

1. <http://tehnavigator.ru/rabdoc-ku.shtml.php>.
2. Гусев Н.П. Вариант реконструкции котельной МУП «Сарапульский водоконал» // Приоритетные направления развития науки и технологий: Тез. докл. IX Всерос. научн.- техн. конф. (Тула, 25 марта 2011 г.) – Тула, 2011. – С. 154-156.

УДК 62.681

ТРАНСФОРМАТОРЫ ТЕПЛОТЫ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОМЫШЛЕННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ

КРАСАВИНА Е.О., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ПЛОТНИКОВА Л.В.

Процессы промышленного разделения веществ являются наиболее энергоемкими, так как связаны с потреблением большого количества энергии, необходимой при испарении и конденсации каждого компонента. Данные процессы осуществляются в разделительных колоннах (РК) – основном оборудовании нефтехимической и нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной, пищевой отраслей. РК – крупные потребители тепловой энергии для обогрева нижних частей колонны. В связи с широким использованием промышленных процессов разделения веществ, проблема снижения их энергоемкости актуальна на сегодняшний день.

Для ее решения необходимо организовать энергосберегающую технологию промышленного разделения веществ. При разделении образуется низкотемпературная вторичная энергия. Однако возможность использования такой энергии ограничена ее параметрами, потребностями потребителей, специальным утилизационным оборудованием. Трансформаторы теплоты (ТТ) являются наиболее перспективными для утилизации вторичной энергии на промышленных предприятиях. Они позволяют повысить потенциал теплового потока.

Существует несколько схем включения ТТ в разделительные установки. При использовании комбинированной схемы «РК – ТТ» с промежуточным теплоносителем экономия греющего теплоносителя в кипятильнике достигается за счет использования теплоты верхнего продукта колонны. Возможна более экономичная схема с одним теплообменным аппаратом в составе ТТ открытого типа. Данная установка обеспечивает снижение энергопотребления на 35 % по сравнению с традиционной установкой. Для повышения энергоэффективности ТН открытого типа предлагается выполнить установку «РК – ТН» теплообменного аппарата вида «труба в трубе», в которой пространство внутри труб ректификационной колонны может быть заполнено насадкой.

Таким образом, при включении ТТ в схемы разделения веществ появляется возможность минимизировать затраты энергии за счет собственных резервов энергосбережения.

УДК 620.9

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ЛУНЕ

КУРИЦЫНА К.С., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Бурное развитие космической техники позволяет думать, что колонизация космоса – вполне достижимая и оправданная цель. В силу своей близости к Земле (три дня полёта) и достаточно хорошей изученности ландшафта, Луна уже давно рассматривается как кандидат для места создания человеческой колонии.

Для обеспечения длительного активного функционирования персонала на Луне, нужен жилой модуль. Он должен включать в себя все необходимое для жизнедеятельности астронавтов. В лунной посадочной кабине и внутри скафандров системы жизнеобеспечения создавали условия, близкие к земным. Без спасительных футляров, роль которых выполняли кабина и скафандры, обитатели Земли не смогли бы прожить на Луне и минуты. Поэтому проблема заселения Луны есть прежде всего проблема создания таких лунных жилищ, внутри которых на неопределенно долгий срок была бы создана земноподобная обстановка. Такая обстановка может быть обеспечена за счет местных лунных природных ресурсов.

При нагреве образца лунной породы до 1000 °С удалось выделить из них кислород. Судя по этим земным экспериментам, в 20 кг лунной породы содержится такое количество кислорода, которого достаточно для дыхания одного космонавта и течение суток.

Существует проект комплексной установки, предназначенной для производства на Луне воды, кислорода, азота и продуктов питания. Автор проекта – американский физик Ф. Звицки. Основным источником энергии для этой лунной установки служит Солнце. Его лучи с помощью специальных движущихся зеркал постоянно фокусируются на камере из прозрачного пластика, внутри которой находятся лунные минералы.

Большинство лунных пород имеет вулканическое происхождение и потому должны содержать в себе, по мнению Ф. Звицки, от 1 до 10 % кристаллизационной воды. Когда лунные минералы будут нагреты Солнцем до температуры примерно 3000 °С, вода начнет выпариваться из породы. Водяной пар до его конденсации можно использовать для привода

турбины с целью выработки электроэнергии. Сконденсированный пар дает питьевую воду.

По подсчетам Звицки, предлагаемая им установка будет давать до 300 л кислорода в час и до 25 л воды в сутки. С увеличением размеров установки увеличится и объем ее полезной продукции. Предполагается, что из некоторых лунных пород удастся получить и азот.

Зная, что температура на глубине 1м составляет -35°C , можно воспользоваться материалами для утепления домов на Крайнем Севере.

Запасы вещества на Луне столь велики, что нужды в привозе вещества с Земли, конечно, не возникнет. Вся проблема в том, как из лунных пород добывать не только строительный материал для лунных жилищ, но и все полезные химические вещества, которые обеспечивали бы успешную работу лунных поселений. Будущая лунная индустрия обеспечит не только нормальную жизнь лунным поселениям, но и послужит основой для бурного развития науки в лунном мире.

УДК 658.264

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ REVIT ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ

КУТДУСОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЗИГАНШИН Ш.Г.

Информационные технологии уже давно уверенно вошли в нашу повседневную жизнь и архитектурно-строительное проектирование в этом случае не является исключением.

Одно из ведущих мест занимает продукция ТМ Autodesk – Building Design Suite, Factory Design Suite, Revit и Autodesk Revit MEP, которые в том числе можно использовать для расчета систем отопления.

Особенность программы Revit состоит в том, что она работает по принципу информационного моделирования зданий (технология BIM). Благодаря этой технологии интеллектуальные 3D-объекты в проектах программы Revit представляют собой прототипы реальных физических элементов здания, таких как двери и стены, какой толщины стена, из какого она материала, какая у неё структура слоев, данные о теплопроводности, плотности и прочих свойствах.

Выполнение расчета энергопотребления для здания можно выполнять на всех этапах – от самой ранней стадии эскизного проектирования до детального проектирования, чтобы в ходе работы над зданием постоянно поддерживалась наиболее энергетически эффективная схема.

Главной целью работы было проведение работ по модернизации 3-этажного офисного здания с целью устранения имевших место проблем теплоснабжения верхнего этажа. Было решено построить тепловую модель здания с помощью программы Autodesk Revit MEP 2014. Алгоритм проектирования следующий:

1. В программе Revit создана модель здания с реальными размерами и соответствующими по типу ограждающими конструкциями.

2. Заданы параметры энергопотребления здания:

а) задали основные параметры энергопотребления: тип здания, отметку уровня земли, географическое расположение;

б) применили значение «Использовать элементы здания в качестве основы для моделирования энергопотребления»;

в) задали дополнительные параметры энергопотребления, в том числе тип ограждающих конструкций – стена бетон плюс штукатурка с двух сторон, с указанием коэффициентов теплопотерь.

3. При выполнении команды «Создать модель энергопотребления» для создания модели энергопотребления на основе элементов здания, в Revit создаются три вида, которые упрощают понимание геометрии аналитической модели:

- 3D-модель энергопотребления;

- аналитические пространства;

- аналитические поверхности.

4. Модернизировали систему отопления верхнего этажа – ввели дополнительную систему отопления в виде фанкойлов в связке с тепловым насосом.

5. Создали новую (модернизированную) модель энергопотребления и сравнили с исходной моделью. Результаты анализа отображаются в диалоговом окне «Результаты и сравнение».

Таким образом, разработка тепловой модели модернизированного здания в программе Autodesk Revit MEP 2014 позволила значительно упростить процесс расчета теплоснабжения верхнего этажа здания, сократить время проектирования и выбрать оптимальный вариант модернизации как всего здания, так и системы отопления верхнего этажа.

Литература

1. Алексей Цветков. Обзор средств САПР в архитектуре и строительстве [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. Режим доступа http://www.cad.ru/ru/software/publications_pp.php?ID=326&NID=709. Дата обращения 26.01.17 г.
2. Программа Revit [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. Режим доступа http://autocad-profi.ru/minisait_revit.php. Дата обращения 25.01.17г.
3. Autodesk Relit 2014 [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. Режим доступа <http://www.csoft.ru/catalog/soft/autodesk-revit/autodesk-revit-2014.html>. Дата обращения 07.12.16.
4. Расчет энергопотребления с использованием элементов здания. [Электронный ресурс] / Информационный ресурс. Режим доступа <http://help.autodesk.com/view/RVT/2016/RUS/?guid=GUID-C027F662-B9D2-46B8-BEED-57BF1540866A>.

УДК 667.365

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

МАКАРОВ А.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. ст. преп. ПОЛИТОВА Т.О.

Фактическое значение параметра потока отказов существенно превышает нормативные показатели, что показывает анализ данных эксплуатирующих организаций тепловых сетей. Надежность этих сетей не удовлетворяет нормам и требует повышения. В последнее время остро ставятся вопросы реконструкции тепловых сетей для оптимизации теплоснабжения потребителей. Анализ реальных схем подключения показывает, что многие существующие жилые здания подключены к таким сетям без технико-экономического обоснования длины ответвлений от основной магистрали и не входят в оптимальный радиус действия теплового источника.

Существуют различные методики определения дополнительных денежных затрат в реконструкцию существующих систем теплоснабжения,

в укрупненном виде их можно представить как пошаговый алгоритм расчета дополнительных денежных затрат.

При этом одним из ключевых вопросов данной проблемы является технико-экономическое обоснование эффективности инвестиций в повышение надежности теплоснабжения потребителей. Повышение надежности достигается различными путями:

- прокладываются дополнительные перемычки, если возможно закольцевать существующую тупиковую систему трубопроводов;

- перекладываются проблемные участки подземной сети трубопроводов, ранее подверженные местному ремонту, затоплениям, с выявленными коррозионными дефектами поверхности;

- изменяются условия прокладки трубопроводов: ветки ТС подземной прокладки, не выдерживающие параметры надежности, перекладываются надземным способом, т.к. срок службы (надежность) воздушных прокладок значительно выше.

УДК 621.438

ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

МАРДАНОВА Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОСТЫЛЕВА Е.Е.

Обобщение опыта эксплуатации, а также анализ показателей работы энергогенерирующих объектов подтверждает большую значимость эффективности и надежности теплообменных аппаратов в схемах этих энергетических установок, в частности с точки зрения экономии топлива и/или теплоты. В связи с этим углубленному изучению вопросов, связанных с проектированием, изготовлением, эксплуатацией и расчетом теплообменного оборудования энергетических установок необходимо уделять особое внимание при подготовке инженерных кадров для предприятий энергетической отрасли. Это накладывает определенные требования к организации учебного процесса в вузе.

В блоках вариативной части дисциплин Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриат) предусмотрена дисциплина «Тепломассообменное оборудование предприятий» (Б1.В.ДВ.01.04).

Автором настоящей работы был проанализирован и обобщен материал наиболее авторитетных фундаментальных учебников, учебных пособий и справочников по теплообменным аппаратам энергетических и паросиловых установок, ранее использованных в учебной практике вузов, а также опыт постановки, чтения лекций и практикумов для студентов вузов, обучающихся по специальностям в области энергетики. Результатом исследования было предложено создание современного обучающего наглядного пособия, в котором учтены основные положения методик построения и изложения материала авторитетными учеными в области современного теплообменного оборудования энергоустановок.

В последнее время одним из инновационных процессов является использование в учебном процессе образовательных учреждений рабочих тетрадей, совмещенных с наглядным учебным пособием.

Актуальность использования таких рабочих тетрадей заключается в оптимальном сочетании наглядности, доступности, последовательности и научности. Рабочая тетрадь представляет собой сборник слайдов на бумажном носителе, которые преподаватель демонстрирует в ходе лекции.

Использование тематической рабочей тетради на теоретическом занятии поможет избежать монотонного переписывания на лекции изучаемого материала под диктовку преподавателя или с мультимедийного экрана, активизирует учебную и познавательную деятельность студентов. В рабочей тетради представлены графики, схемы производственно-технологических процессов, на которых студент должен самостоятельно подписывать обозначения, чертежи основного и вспомогательного энергетического оборудования, оставлена свободная зона в виде системы чистых листов для самостоятельной работы студента, где можно делать нужные пометки, записывать основные расчетные формулы, формулировки, вести краткий конспект лекции. Содержатся вопросы для самоконтроля, список экзаменационных вопросов, примеры типовых расчетов энергетического оборудования, справочные данные, критерии оценки при проведении промежуточного контроля, входные требования для освоения дисциплины, планируемые результаты обучения по дисциплине, структура и содержание дисциплины, учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

Таким образом, подобные учебные разработки являются эффективным средством обучения, что позволяет повысить эффективность образовательного процесса.

УДК 621.311

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЭЦ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

МОЛГАЧЕВ А.Ю., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЗАГРЕТДИНОВ А.Р.

В данное время генерирующие компании, эксплуатирующие ТЭЦ, переживают трудные времена. Стоимость электроэнергии и тепла на многих ТЭЦ, особенно оснащенных старым оборудованием, оказывается высокой, а их реализация по высоким тарифам – сложной. С каждым годом становится все больше потребителей энергии, цены на электроэнергию и тепло возрастают быстрыми темпами. Основную роль в цене на отпускаемую продукцию ТЭЦ играет постоянное удорожание природного газа. Малое количество проектов нового строительства ТЭЦ на базе использования ПГУ, реконструкции и обновления устаревшего оборудования не позволяют в скором времени решить проблемы существенного уменьшения топливных издержек на ТЭЦ. Все эти предпосылки заставляют задуматься о будущем и найти способы экономии получаемой энергии.

Цель работы определяет деятельность генерирующих компаний, направленных на снижение общих затрат на производство: проведение работ по повышению эффективности выработки тепла и электроэнергии работающим составом оборудования; разработку мероприятий по оптимизации потребления топливных и водных ресурсов. Решение такого вопроса, как оптимизация режимов работы оборудования ТЭЦ реально влияет на объемы потребления топлива, в основном газа, и направлено на улучшение технико-экономических показателей работы ТЭЦ. На основании этого можем сказать, что для ТЭЦ является актуальным обеспечение конкурентоспособности генерации энергии, которое может быть достигнуто высокими показателями экономичности, т.е. минимизацией топливной себестоимости на реализацию тепла и электроэнергию.

Для решения данной проблемы необходимо решение следующих задач:

1. Разработка методики определения энергетических показателей работы оборудования ТЭЦ на базе энергетических характеристик;

2. Разработка алгоритма оптимизации режимов работы оборудования ТЭЦ согласно разработанной методике;
3. Разработка структуры оптимального управления агрегатами ТЭЦ;
4. Апробация результатов теоретических исследований и расчетов, методики и предложений на действующем оборудовании ТЭЦ.

УДК 620.9

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ КАК ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

МЫЛЬНИКОВ В.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Экологические и экономические факторы, такие, как губительное воздействие на окружающую среду при добыче и переработке традиционных энергетических ресурсов и экономия невозобновляемых топливных ресурсов, всё ближе приближают нас к переходу на использование альтернативных источников энергии. Стоит отметить, что стоимость за единицу энергии, производимой при помощи большинства альтернативных источников, уже сейчас гораздо ниже стоимости энергии, полученной от традиционных источников, вдобавок к этому и сроки окупаемости альтернативных электростанций значительно меньше.

Одно из значимых мест занимает такой возобновляемый источник энергии, как геотермальный. Наличие на территории Российской Федерации колоссальных ресурсов геотермальной энергии является ключевым фактором в развитии геотермальной энергетики. Анализируя данные за 2014 год, на территории России была произведена разведка 47 месторождений с запасами термальных вод, которые по предварительным расчетам позволяют получить около 240 тыс. м³/сутки и парогидротерм с производительностью более 105 тыс. т/сутки. Юг России и Дальний Восток по праву считаются самыми перспективными регионами для применения геотермальных источников на территории России. Также районы Кавказа, Ставрополье и Краснодарский край имеют огромный потенциал геотермальной энергии. В любом месте этих регионов можно осуществить разработку месторождений геотермальных вод с температурой воды 70–126 °С. К тому же, вода выходит на поверхность под естественным давлением, сокращая расходы на ее подъем. На данный момент в районах Дагестана около 30% жителей отапливается и

снабжается горячей водой при помощи геотермальных источников. Этот показатель в современных условиях может быть увеличен до 70 %.

Стоит отметить, что для развития и освоения геотермальных месторождений на территории Российской Федерации нет необходимости создавать новую производственную базу, нужно всего лишь частично переориентировать существующие геологоразведочные и нефтегазодобывающие предприятия.

Однако финансирование на использование в России геотермальных ресурсов затруднено в связи с их неконкурентоспособностью по сравнению с традиционными источниками энергии, т.к. государство практически не выделяет средств на создание нужных технологий и оборудования. Стоимость геотермальных станций суммарной мощностью 2,0–2,5 тыс. МВт находится на уровне 3–4 млрд рублей по нынешнему курсу доллара. Окупаемость произведенных затрат, по экономическим расчетам, достигается в сроки менее 5 лет. Стоит обратить внимание, что столь быстрый срок окупаемости не имеет ни один способ получения энергии.

Применение эффективных схем стимулирования государственной поддержки существенно влияет на темпы развития геотермальной энергетики, расширение рынка, создание конкурентной среды в энергетике и, как следствие, на улучшение технологий и снижение цен.

УДК 621.311

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

НАЗМЕЕВА Р.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Т.Р.

При эксплуатации тепловых сетей основной и главной задачей является бесперебойная работа системы теплоснабжения.

Знание реального состояния элементов тепловых сетей представляет собой основу обеспечения их надежности, что гарантирует эффективное расходование ресурсов на обеспечение работоспособности. Как правило, ремонт и перекладка тепловых сетей проводятся по сроку эксплуатации и степени изнашивания трубопроводов. Вместе с тем состояние элементов тепловых сетей зависит от определенных условий эксплуатации, которые влияют на процесс их разрушения, а, следовательно, свидетельствует о неэффективности описанного подхода к ремонту и реконструкции тепловых сетей.

Для того чтобы достичь надежной работы необходимо выполнять ряд условий, которые необходимо предусматривать еще на стадии проектирования тепловых сетей. Такими условиями являются: наличие нескольких линий трубопроводов для работы в аварийном режиме; установка необходимой запорной арматуры; гидравлический расчет по проверке надежности сети.

На этапе строительства также необходимо использовать высококачественные материалы и оборудование, обеспечение требуемого качества работ и тщательного контроля во время приемки и сдачи сетей в эксплуатацию.

Способность источников теплоты, тепловых сетей и в целом системы централизованного теплоснабжения предоставлять в течение определенного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения (отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, а также технологических потребностей предприятий в паре и горячей воде) устанавливается по трем критериям: вероятности безотказной работы $[P]$, коэффициенту готовности $[K_T]$, живучести $[Ж]$.

Для обеспечения бесперебойности тепловых сетей необходимо определить:

- предельно допустимую длину нерезервированных участков теплопроводов (тупиковых, радиальных, транзитных) до каждого потребителя или теплового пункта;
- места размещения запасных трубопроводных связей между радиальными теплопроводами;
- достаточность диаметров, выбранных при проектировании новых или обновлении существующих теплопроводов для обеспечения запасной подачи теплоты потребителям при отказах;
- необходимость замены на определенных участках конструкций тепловых сетей и теплопроводов на более надежные, а также небезосновательность перехода на надземную или тоннельную прокладку;
- очередность ремонтов и замен теплопроводов, частично или полностью утративших свой ресурс;
- необходимость дополнительного утепления зданий.

Задачей данной работы является рассчитать один из критериев, определяющих качество теплоснабжения. Данным критерием является вероятность безотказной работы. Для расчета выбран один из участков теплоснабжения в г. Казань.

Цель работы: выявить качество и надежность работы сети теплоснабжения.

УДК 658.26 (470.41)

КОГЕНЕРАЦИЯ КАК ОСНОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В КОММУНАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ ЮГО-ВОСТОКА ТАТАРСТАНА

НИКОЛАЕВ А.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ВАЛИЕВ Р.Н.

Важное место в топливно-энергетическом комплексе страны занимает коммунальная энергетика, потребляющая около 30 % от всей теплоты и около 13 % от всего электричества, вырабатываемого в стране.

В связи с этим вопросы, связанные с повышением эффективности муниципальных котельных за счет организации комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, являются актуальными и требующими решения.

В коммунальной энергетике юго-востока Татарстана производство и транспорт тепловой энергии в большинстве своем реализованы на базе котельных малой и средней мощности.

В большинстве случаев применяемые в настоящее время технологии производства тепловой энергии не соответствуют современным требованиям и характеризуются как низкоэффективные. При наличии морального и физического износа оборудования на источнике положение значительно усугубляется.

Предлагаемое решение – установка в котельных турбогенераторов и организация комбинированного производства тепловой и электрической энергии позволяет повысить эффективность за счет получения дополнительных доходов от продажи вырабатываемой электроэнергии и покрытия собственных нужд.

На основании данных по работе мини-ТЭЦ №4 ОАО «Альметьевские тепловые сети» проведен расчет технико-экономических показателей.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) установка в котельных газопоршневых агрегатов позволяет повысить рентабельность производства за счет выработки электрической энергии на тепловом потреблении при условии ее последующей реализации;

2) срок окупаемости проектов по созданию источников автономного энергоснабжения составляет 6-8 лет.

УДК 621.311.21

ОБЗОР И КЛАССИФИКАЦИЯ МИНИ-ГЭС ДЛЯ МАЛЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

НУРИАХМЕТОВ И.Б., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор РУДАКОВ А.И.

Малые ГЭС используют энергию водных ресурсов и энергию гидравлических систем с помощью гидроэнергетических установок малой мощности (от 1 до 1000 кВт).

Установки для малой гидроэнергетики классифицируют по мощности на:

- оборудование для микрогидроэлектростанции мощностью до 100 кВт;
- оборудование для мини-гидроэлектростанций мощностью до 1000 кВт.

Конструктивно наиболее просто делать бесплотинные ГЭС, т.к. сооружение плотины достаточно сложное и дорогое дело и часто требует согласования с местными властями или, по крайней, мере, с соседями. Бесплотинные мини-ГЭС называют проточными, типы их представлены ниже.

Водяное колесо – колесо с лопастями, установленное перпендикулярно поверхности воды. Колесо погружено в поток меньше, чем на половину. Вращение колеса осуществляется за счет давления воды на лопасть.

Гирляндная мини-ГЭС – представляет собой трос, с жесткозакрепленными на нем роторами. Трос перекинут с одного берега реки на другой. Роторы как бусы нанизаны на трос и полностью погружены в воду.

Ротор Дарье – это вертикальный ротор, который вращается за счет разности давлений на его лопастях. Разница давлений создается за счет обтекания жидкостью сложных поверхностей.

Пропеллер – это подводный «ветряк» с вертикальным ротором. В отличие от воздушного, подводный пропеллер имеет лопасти минимальной ширины. Для воды достаточно ширины лопасти всего в 2 см. При такой ширине будет минимальное сопротивление и максимальная скорость вращения (при скорости потока 0,8-2 м/с).

Их можно установить практически в любом месте. Гидроагрегат этих устройств состоит из энергоблока, водозаборного устройства и устройства водоотвода, а также блоков автоматического регулирования. Использование энергии небольших водотоков с помощью малых ГЭС является одним из наиболее эффективных направлений развития возобновляемых источников энергии в нашей стране. Основные ресурсы малой гидроэнергетики в России сосредоточены на Северном Кавказе, Дальнем Востоке, Северо-Западе (Архангельск, Мурманск, Калининград, Карелия), Алтае, в Туве, Якутии и Тюменской области и ряде других регионов.

Потенциал малой гидроэнергетики России превышает потенциал таких возобновляемых источников энергии, как солнце, ветер и биомасса вместе взятых. В настоящее время он используется крайне слабо: всего на 1 %. И этот спад произошел в последнее время. Отметим, что в 1950–60-х годах, у нас действовало несколько тысяч малых ГЭС.

Гидроэлектростанции малой мощности обладают целым рядом преимуществ, которые делают это оборудование все более популярным.

Прежде всего, стоит отметить экологическую безопасность мини-ГЭС – критерий, который становится все более важным в свете проблем защиты окружающей среды.

Малые гидроэлектростанции не оказывают вредного влияния ни на свойства, ни на качество воды. Акватории, где устанавливается гидроэлектростанция малой мощности, можно использовать как для рыбохозяйственной деятельности, так и в качестве источника водоснабжения населенных пунктов.

Кроме того, для работы малых ГЭС нет необходимости в наличии больших водоемов. Они могут функционировать, используя энергию течения небольших рек и даже ручьев.

УДК 621.311

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ КОТЕЛЬНАЯ КАК ЭТАЛОН ДЛЯ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ПЯТИБРАТОВА Э.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Т.Р.

Цель научно-исследовательской работы – дать оценку состоянию системы теплоснабжения предприятий Республики Татарстан, составить

сравнительный рейтинг, выявить их слабые стороны и предложить пути решения проблем.

Указать на них можно методом сравнения предприятий с моделью альтернативной котельной. Модель альтернативной котельной устанавливает дифференцированную по регионам максимальную планку стоимости тепла от эффективных котельных, которые потребитель мог бы «условно построить» в конкуренции с действующим источником.

Разница показателей максимально эффективной котельной и показателей анализируемых теплоснабжающих организаций укажет на слабые стороны предприятия, с устранением которых повысится и эффективность теплоснабжения. Основными показателями выступают удельные расходы топлива, электроэнергии и воды на выработку тепловой энергии, потери в тепловых сетях и надежность теплоснабжения.

Актуальность данной темы подчеркивает тот факт, что российские регионы ждут переход на ценообразование по принципу «альтернативной котельной». По словам главы Минэнерго Александра Новака, переход к такой модели рынка теплоснабжения может обеспечить требуемый приток средств и повысить качество и надежность теплоснабжения. Новая система, предположительно, будет внедряться постепенно – вплоть до 2023 года.

Выбранная методика оценки технической эффективности деятельности теплоснабжающих предприятий предложит план мероприятий для улучшения показателей и максимального их приближения к идеалу. Приводимые для оценки показатели комплексно отражают проблемные стороны деятельности организации. Также они дают возможность проследить изменение параметров развития теплоснабжения в динамике и в сравнении с другими объектами.

УДК 536.244

СООТНОШЕНИЕ КОНВЕКТИВНОЙ И ЛУЧИСТОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ПРИ ОТВОДЕ ТЕПЛОТЫ С ОРЕБРЕННЫХ И НЕОРЕБРЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

РЕКУНЕНКО Е.С., МЭИ, г. Москва

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ГАРЯЕВ А.Б.

При расчете и оптимизации устройств для отвода теплоты часто возникает вопрос о соотношении тепловых потоков, которые отводятся с поверхности естественной конвекцией и излучением. На данные тепловые потоки влияют как геометрия поверхности, так и уровни температур поверхности и окружающих предметов. Цель данной работы – определение соотношения между конвективным и лучистым тепловыми потоками в зависимости от указанных факторов и определение границ, при которых лучистой составляющей в общем тепловом потоке можно пренебречь.

Рассмотрены две нагретые поверхности: круглая горизонтальная труба и радиатор, состоящий из круглой трубы с квадратными ребрами. Для каждой из них были рассчитаны лучистый и конвективный потоки в диапазоне температур от 30 до 150 °С при температуре окружающей среды $t_{o.c.} = +20$ °С и расстоянии между ребрами b от 6 мм до 20 мм. Материалом в обоих случаях являлась углеродистая сталь с коэффициентом черноты равным 0,65. Размер стороны ребра a принят равным 90 мм, что соответствует размеру ребра стандартного отопительного конвектора. При переменной температуре ребра определение как лучистого, так и конвективного тепловых потоков представляет собой очень сложную математическую задачу, поэтому в данной работе принято, что ребра имеют постоянную температуру по всей поверхности. Лучистым потоком от центральной трубки, на которой расположены ребра в расчете мы пренебрегали в виду его относительной малости, что справедливо, однако, только при малых расстояниях между ребрами. Для неоребреной трубы тепловые потоки рассчитывались по закону Стефана-Больцмана и критериальной зависимости $Nu = f(Gr, Pr)$. Для оребреной поверхности конвективный поток рассчитывался по формуле Эленбааса (1):

$$Nu = \frac{1}{24} \cdot \frac{b}{a} \cdot Ra \cdot \left(1 - e^{-\left(35 \cdot \frac{a}{b \cdot Ra}\right)^4}\right)^{\frac{3}{4}}. \quad (1)$$

Лучистый поток определялся через приведенную степень черноты, которая рассчитывалась через угловые коэффициенты для систем поверхностей, образованной каждой парой пластин. Полученное в результате соотношение лучистого и конвективного удельных тепловых потоков представлено на рисунках 1 и 2.

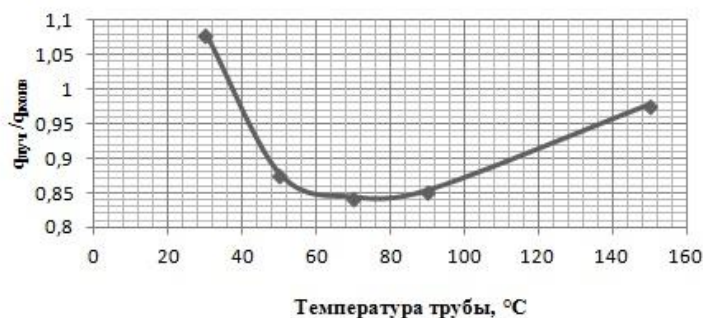


Рис. 1. Соотношение лучистого и конвективного удельных тепловых потоков для круглой неоребреной трубы

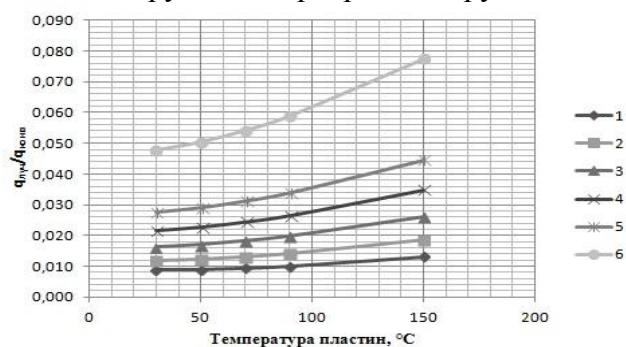


Рис. 2. Соотношение лучистого и конвективного удельных тепловых потоков для ребреной трубы при соотношении размера пластин и расстояния между ними (a/b):

1 – 15; 2 – 11,3; 3 – 9; 4 – 7,5; 5 – 6,4; 6 – 4,5

Для гладкой трубы зависимость отношения потоков от температуры имеет минимум. Вид зависимости и положение минимума очень слабо зависят от диаметра трубы. Для ребреной трубы уменьшение расстояния между пластинами очень существенно уменьшает долю лучистого потока, уходящего с их поверхности в окружающую среду, и она становится существенной только при высоких температурах.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для ребреной трубы в рассмотренном диапазоне температур для соотношения размеров пластин и расстояния между ними a/b более 10 лучистой составляющей можно пренебречь. При очень малом расстоянии между ребрами доля лучистого потока должна возрастать за счет излучения с торцов ребер, которые в данной работе не учитывались.

УДК 628.1

РАСЧЕТ И СРАВНЕНИЕ ЗАТРАТ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДЫ

РОТАЧ Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Э.А.

Как правило, для получения глубокообессоленной воды предприятия применяют один из следующих методов: обратный осмос, ионный обмен или термический метод, в частности испаритель мгновенного вскипания.

В условиях рыночной экономики любое предприятие стремится быть конкурентоспособным на рынке. Первичными критериями конкурентоспособности являются качество и стоимость отпускаемой продукции. В свою очередь стоимость продукции зависит от себестоимости. Доля энергетических затрат в себестоимости продукции является наибольшей.

Было рассчитано годовое потребление тепловой и электрической энергии каждым из трех методов обессоливания воды при расходах воды от 10 до 100 т/ч.

Тепловая энергия расходуется на подогрев воды на входе в установки. При применении установок обратного осмоса исходную воду необходимо нагреть с 10 °С до 25 °С для обеспечения заданной производительности. При использовании установок ионного обмена исходная вода должна быть нагрета до 40 °С для более полного протекания реакций. В испарителях мгновенного вскипания исходную воду необходимо нагреть с 10 °С до 100 °С для начала процесса парообразования.

Электрическая энергия расходуется на привод насосов. В установках обратного осмоса применяются высоконапорные насосы для повышения давления воды при прохождении ее через мембраны. В установках ионного обмена так же используются высоконапорные насосы для прохождения воды через слой ионообменной смолы, которая обладает большим гидравлическим сопротивлением. В испарителях мгновенного вскипания применяются циркуляционные насосы, насосы обессоленной воды, насосы конденсата греющего пара, вакуум-насосы.

В ходе проведения расчетов были получены следующие результаты. Для наглядности полученные данные отображены в диаграммах.

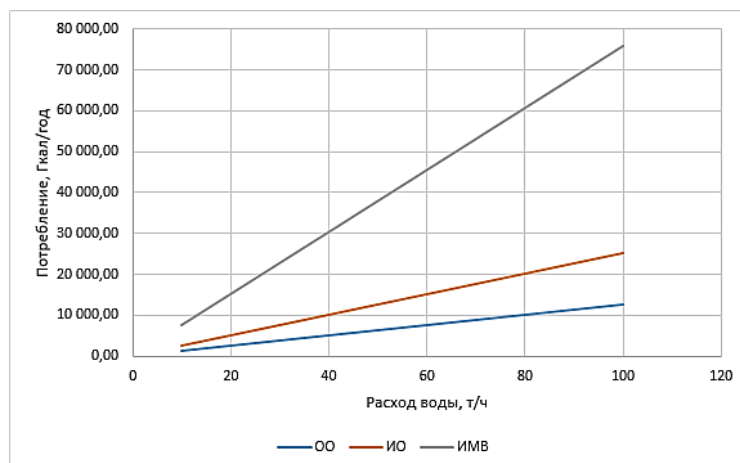


Диаграмма 1. Зависимость потребления тепловой энергии от расхода воды

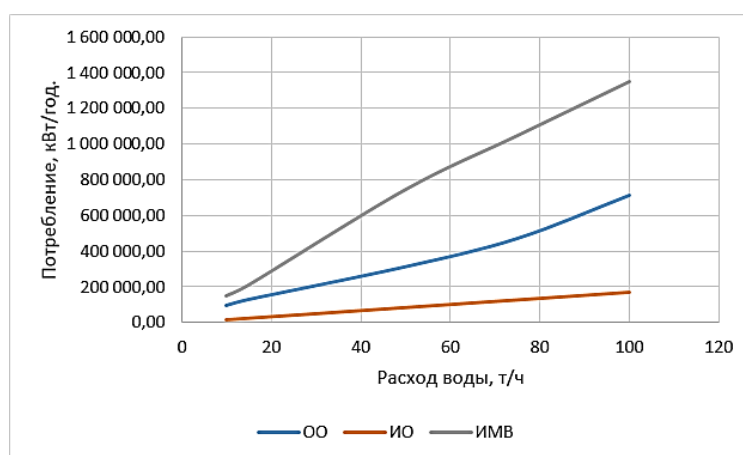


Диаграмма 2. Зависимость потребления электрической энергии от расхода воды

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод о том, что наиболее экономичным методом обессоливания является метод обратного осмоса. Это обуславливается тем, что потребление тепловой энергии при обратном осмосе в 2 раза меньше, чем при ионном обмене и почти в 5 раз меньше, чем при применении ИМВ.

Но стоит также отметить, что помимо энергетических затрат в себестоимость обессоленной воды входят и другие составляющие. Одной из составляющих себестоимости является применение химических реагентов. При обратном осмосе использование химических реагентов достаточно велико. Они необходимы для промывки мембран. Процесс ионного обмена невозможен без использования ионообменных смол. Поэтому применение химических реагентов может значительно сказаться на себестоимости обессоленной воды.

УДК 621.165.46.001-42.001.36

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОФИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СИСТЕМАХ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ПТУ

САБИТОВА Г.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОСТЫЛЕВА Е.Е.

Регенеративный подогрев основного конденсата и питательной воды осуществляется паром, отработавшим в турбине, и является одним из важнейших методов повышения экономичности современных ТЭС. Регенеративный подогрев воды снижает потерю теплоты с отработавшим паром в конденсаторе турбины.

Система регенеративного подогрева питательной воды включает в себя тракт основного конденсата и тракт питательной воды. Конденсат рабочего пара турбин последовательно проходит от конденсатора до котла через систему теплообменных аппаратов системы регенеративного подогрева питательной воды.

В настоящей работе произведен расчет тепловой схемы регенеративного подогрева питательной воды паротурбинной установки с паровой турбиной ПТ-135/165-130/15, рассмотрены конструкции и принцип действия теплообменных аппаратов, входящих в систему. Значимость эффективной и надежной работы теплофикационного оборудования в схемах паросиловых установок обусловлена в частности с точки зрения экономии топлива и/или теплоты.

Результаты работы предложено использовать в учебном процессе. Автором было разработано учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы по дисциплине «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий».

Актуальность создания настоящей методической разработки обусловлена необходимостью создания современных учебно-методических комплексов, которые позволят организовать подготовку высококвалифицированных специалистов для предприятий энергосистемы.

В Казанском государственном энергетическом университете реализуются и постоянно обновляются образовательные программы, обеспечивающие качественную системную профессионально подготовку нового поколения квалифицированных специалистов в сфере энергетики.

Материал учебно-методического пособия ориентирован главным образом на изучение студентами, обучающимися по специальности 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» дисциплины «Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий» и может быть использован при выполнении курсовых и бакалаврских работ, магистерских диссертаций.

Разработанное учебно-методическое пособие состоит из четырех глав. В первой главе приведены общие сведения, необходимые для оформления курсовой работы. Во второй главе представлена теоретическая часть, дано понятие принципиальным тепловым схемам турбоустановок, конденсационной установки, системам регенеративного подогрева питательной воды. В третьей главе представлено назначение, конструкция и принцип действия основных теплообменных аппаратов в паросиловых установках. В четвертой главе произведен пример расчета и обоснование принципиальной тепловой схемы паротурбинной установки, а также подбор вспомогательного оборудования.

Подобные учебные разработки являются эффективным средством обучения, способствующих организации повторения, закрепления, обобщения и систематизации знаний студентов, формирования у них специальных умений по дисциплине.

УДК 628.8.02

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО МИКРОКЛИМАТА НА ТРЕНАЖЁРЕ БЛОЧНОГО ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

САФРОНОВ А.С., КРУГЛИКОВ Д.А., КОМАРНИЦКИЙ П.А., ИГЭУ,
г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, профессор ПЫЖОВ В.К.;
доцент СМИРНОВ Н.Н.

В соответствии со СП «Отопление, вентиляция и кондиционирование» для поддержания работоспособности операторов блочного щита управления атомной электрической станции (БЩУ АЭС) создается микроклимат с оптимальными метеорологическими параметрами. Однако помещение БЩУ АЭС – помещение высокого уровня ответственности, где монотонная работа операторов требует

сосредоточенности и оказывает нервно-эмоциональную нагрузку, которая может привести к утомлению работника, снижению его работоспособности, а далее к неисправимым последствиям.

Решение данной проблемы – создание системы кондиционирования «динамического микроклимата», которая предусматривает периодические изменения метеорологических параметров воздуха (влажность, скорость потока, температура). Изменения поддерживают сосредоточенность персонала, не допуская его утомления, и не превышают значений оптимального микроклимата.

В программном комплексе Comsol Multiphysics создана математическая модель БЦУ АЭС, геометрия которой соответствует тренажеру БЦУ (АЭС с реактором ВВЭР-1000), расположенного в натуральную величину в аудитории А-169 корпуса «А» ИГЭУ.

Разработанная математическая модель учитывает: воздействие наружного климата, тепловые потоки, проходящие через ограждающие конструкции здания, выделение теплоты от оборудования БЦУ, воздухообмен и влагоперенос.

Для расчёта температурных и скоростных полей, давления программный пакет Comsol Multiphysics использует метод конечных элементов, который решает дифференциальные уравнения численно. При этом помещение БЦУ разбивается на конечные элементы, которые образуют сетку. Сетка конечных элементов уплотняется вокруг моделируемых объектов, при этом наименьший размер элементов у воздухораспределителей (рис.1).

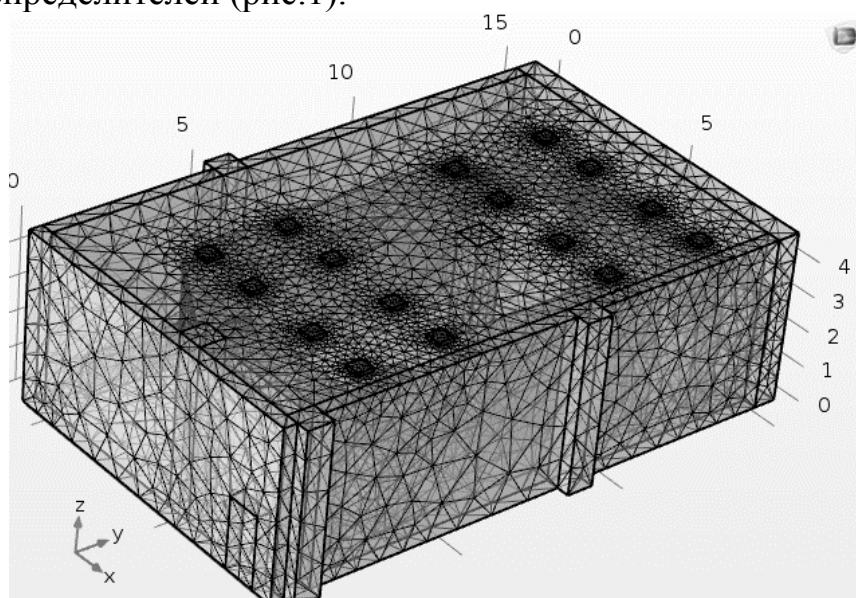


Рис. 1. Сетка конечных элементов тренажера БЦУ АЭС

Для описания физических процессов переноса теплоты в оборудовании БЩУ и в воздухе рабочей зоны, турбулентного потока воздуха, выходящего из воздухораспределителей используются дифференциальные уравнения (ДУ) в частных производных: ДУ Навье – Стокса динамики вязкого газа, дополненное уравнением неразрывности, ДУ энергии, ДУ k-ε модели турбулентности.

Расчёт температурных и скоростных полей осуществляется через физический режим моделирования Non-Isothermal Flow.

Разработанная математическая модель позволит определять требуемый расход подаваемого воздуха, температуру внутреннего воздуха, необходимого для поддержания работоспособности и комфорта персонала путем изменения амплитуды температур и скорости приточного воздуха, произвести проверку на теплоустойчивость ограждающих стен, исследовать различные способы установки воздухораспределителей типа 4АПН.

В настоящее время составлены ДУ с соответствующими краевыми условиями, исследовано влияние тепловыделяющего оборудования на температурное и скоростное поле помещения, построены линии тока приточных воздушных струй. Исследуется влияние амплитуды температур и скорости приточного воздуха.

Данная модель может быть применима для реальных БЩУ АЭС при создании систем динамического микроклимата.

УДК 621

ВЛИЯНИЕ РЕМОНТА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ НА СОКРАЩЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ

СИДОРОВА А.А., КАЗАКОВА Г.Д., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. ст. преп. ПОЛИТОВА Т.О.

Некачественно проведенный ремонт тепловых сетей ведет к увеличению подпитки, по причине роста потерь сетевой воды, а это напрямую связано с дополнительными затратами. Возникает необходимость включения в подпитку неподготовленной воды, которая из-за повышенного содержания солей приводит к образованию накипи в водогрейных котлах и вызывает закипание трубопроводов, из-за повышенного содержания кислорода вызывает интенсивную внутреннюю коррозию.

По причине испытания на тепловых сетях произойдет авария в отопительный период, то будет произведено отключение теплоснабжения у потребителей, которое чревато серьезными социально-экономическими последствиями.

При длительной утечке воды утяжеляются условия ликвидации повреждения и его последствий: увеличиваются временные, материальные и физические затраты, связанные с проведением соответствующих работ по устранению повреждения.

В настоящее время существует много моделей оценивания надежности и эффективности централизованного теплоснабжения, но все они сложны в своем использовании, требуют специального дорогостоящего оборудования и специалистов, умеющих с ним обращаться, но, как показывает практика, зачастую предприятия энергетики не готовы сегодня выделять финансирование на диагностику, считается, что дешевле устранить повреждение по факту его появления. Поэтому необходимы такие модели, которые будут просты и понятны в использовании, не требующие специального образования, к тому же они должны быть эффективны и, самое главное, не требовать больших финансовых вливаний.

УДК 621.1

ОСОБЕННОСТИ БАЛАНСРОВКИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ТАЗЕЕВ И.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Современное теплоэнергетическое оборудование содержит большое количество вращающихся элементов и узлов. К ним можно отнести роторы турбин, электродвигателей, барабаны, а также крыльчатки вентиляторов и рабочие колеса центробежных насосов, вентиляторов и компрессоров. В процессе их производства и дальнейшего использования возникают неуравновешенные внутренние силы и дисбаланс.

Балансировка роторов – это процедура, необходимая, если вращающаяся часть машины не уравновешена. В этом случае, при вращении появляется сотрясение (вибрация) всей машины. В свою очередь, это может привести к разрушению подшипников, фундамента и, впоследствии, самой машины. Чтобы избежать этого, все вращающиеся

части должны быть отбалансированы. Различают балансировку роторов статическую и динамическую. Первая выполняется на призмах, вторая при вращении балансируемой детали, на специализированных балансировочных станках.

Основные причины дисбаланса:

- дефекты изготовления, транспортировки, хранения ротора: неравномерная структура материала; погрешности изготовления (отклонения в размерах и форме);

- дефекты сборки или ремонта: погрешности, возникшие при осуществлении сборки; неточности посадки диска, ротора; угловое смещение корпуса упорного подшипника;

- дефекты эксплуатации: износ трущихся частей, эрозия, коррозия; неравномерный износ.

Для уменьшения дисбалансов ротора используются так называемые корректирующие массы, которые могут удаляться из тела ротора, добавляться к нему, а также перемещаться по ротору. Корректирующую массу удаляют по показаниям балансировочного оборудования различными технологическими методами: опиливанием, отламыванием специальных приливов, точением, фрезерованием, шабрением, шлифованием, сверлением.

Известны два метода балансировки вращающихся узлов энергетического оборудования: статический и динамический. Целью статической балансировки является совмещение оси вращения ротора с его центральной осью путем удаления лишнего металла из более тяжелой части ротора либо добавлением груза в более легкой его части. При динамической балансировке совмещают ось вращения ротора с главной центральной осью инерции. Этот метод балансировки производится на балансировочных станках.

Литература

1. Абрамов И.Л. Вибродиагностика энергетического оборудования: учеб. пособие по дисциплине «Диагностика в теплоэнергетике» [Электронный ресурс] И.Л. Абрамов. – Кемерово, 2011.

2. Герике Б.Л. Вибродиагностика горных машин и оборудования: учеб. пособие / Б.Л. Герике, И.Л. Абрамов, П.Б. Герике. – Кемерово, 2007. – 167 с.

3. Барков А.В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации: учеб. пособие / А.В. Барков, Н.А. Баркова, А.Ю. Азовцев. – СПб., 2000. – 158 с.

4. Азовцев Ю.А., Баркова Н.А., Гаузе А.А. Вибрационная диагностика роторных машин и оборудования целлюлозно-бумажных комбинатов: учеб. пособие / СПб: СПбГТУРП, 2014. – 127 с.

УДК 534.64

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПСЕВДОКИПЯЩЕГО СЛОЯ В ГЛУШИТЕЛЕ ШУМА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО КЛАПАНА КАМЕРЫ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ

ТЕЛЯШОВ Д.А., ЯГОФАРОВ О.Х., НАКОРЯКОВ П.В., СУХОВАЯ Е.А.
КНИТУ-КАИ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ПАВЛОВ Г.И.

Камеры пульсирующего горения давно используются в теплоэнергетике и на летательных аппаратах. Это объясняется простотой конструкции, полнотой сгорания топлива и высоким КПД. Препятствующим фактором более широкого внедрения камер пульсирующего горения в различные отрасли является повышенный уровень шума. Сложность решения данной проблемы связана с процессами в камере сгорания, происходящими в пульсирующем режиме.

Авторами данной статье предложена технически новая схема глушителя шума на основе псевдоожижения, показанного на рисунке 1.

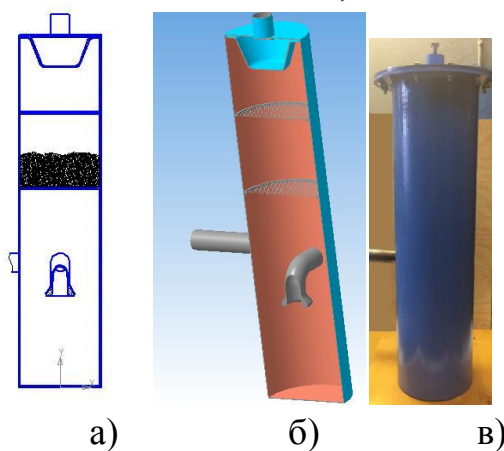


Рис. 1. а) техническая схема глушителя шума; б) 3D-вид глушителя шума;
в) реальная модель глушителя шума

Данный глушитель шума эффективен во всем частотном диапазоне работы камеры пульсирующего горения с аэродинамическим клапаном. Ниже приведены спектры акустических сигналов, полученных для камеры пульсирующего горения с глушителем шума и без глушителя. Уровни шума получены для КПП с тепловой производительностью 100 кВт.

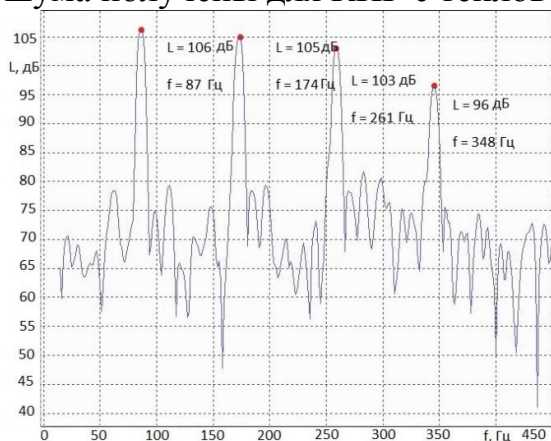


Рис. 2. Спектр акустического сигнала без глушителя шума

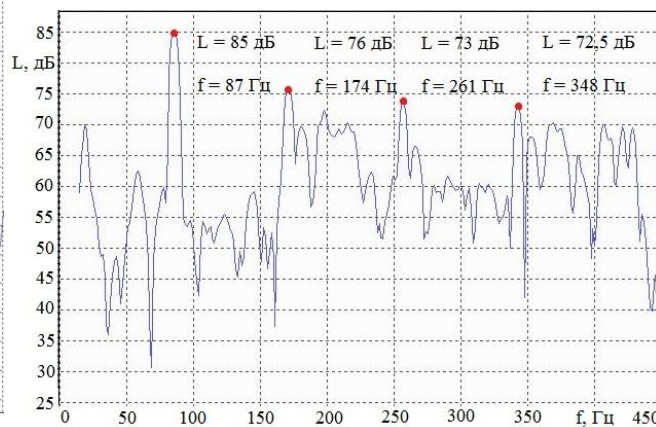


Рис. 3. Спектр акустического сигнала с глушителем шума

УДК 658.264

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА

ТРОФИМОВА А.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЛОГИНОВ В.Н.

В последнее время много внимания уделяется вопросам, связанным с рациональным энергопотреблением.

Особенно актуальной проблема энергосбережения стала в коммунальной сфере, где ей уделялось значительно меньше внимания по сравнению со сферой производства. Именно в сфере жилищно-коммунальных хозяйств денежные затраты стали особенно обременительными для российского бюджета.

ИТП (индивидуальный тепловой пункт) оказывается эффективнее ЦТП (центрального теплового пункта) по многим показателям. Основными недостатками ЦТП являются: частые жалобы населения на низкую температуру в помещениях, а также отсутствие каких-либо действий для устранения причин возникновения; увеличение расхода тепловой энергии на все здания, снабжающиеся от данного ЦТП.

Переход от центральных тепловых пунктов к индивидуальным позволит повысить эффективность авторегулирования отопления вследствие отказа от распределительных сетей горячего водоснабжения, а также минимизировать потери при транспортировке тепла и уменьшить расход электроэнергии на перекачку горячей воды для бытовых нужд.

Перемещение центров горячего водоснабжения и отопления непосредственно в здание повышает качество снабжения жителей горячей водой.

Целью данной работы является выбор энергоэффективного варианта теплоснабжения многоквартирного жилого дома и сравнение традиционной и перспективной системы теплоснабжения путем перехода к ИТП.

В дальнейшем будет проведен сравнительный анализ ЦТП и ИТП. Также будут произведены необходимые и гидравлические расчеты, а также технико-экономические обоснования предлагаемой системы теплоснабжения на основе ИТП.

УДК 661.2:621.18

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАК СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

ФАЗДАЛОВА А.И., КАШИПОВА Л.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ПЛОТНИКОВА Л.В.

Промышленные предприятия являются крупными потребителями энергетических ресурсов. Поэтому, в целях рационализации их использования наибольшее значение приобретает и вопрос повышения энергоэффективности таких предприятий. Перспективным направлением решения этого вопроса является организация систем рекуперации вторичной энергии. Для подбора наиболее энергоэффективной системы рекуперации необходимо использовать актуальные методики анализа. Такими методиками являются анализ структурной организации исходных производств, располагающих вторичными энергоресурсами, и организованных систем рекуперации, а также анализ тепловой и эксергетической эффективности. В комплексе они представляют собой вариацию системного анализа.

Структурный анализ позволяет установить взаимосвязи между элементами схем, между параметрами входных и выходных потоков для каждого элемента и схемы в целом, а также определить наилучшую последовательность расчета схем с целью дальнейшего выбора эффективных энергосберегающих мероприятий, реализуемых, в частности, в виде систем рекуперации вторичной энергии.

Полученные результаты позволяют провести упрощенный последовательный расчет тепловой и эксергетической эффективности промышленной теплоэнергетической системы.

Проведение теплового и эксергетического анализа позволяет оценить степень термодинамического совершенства системы, выявить потери от необратимости для всей системы и ее отдельных элементов, произвести оценку эффективности элементов в составе системы, определить величину технически работоспособной энергии.

Существующая на настоящий момент методика организации систем рекуперации вторичных энергоресурсов (ВЭР) для технологических схем производств позволяет выбирать один вариант модернизации схемы с учетом определенных критериев – значений КПД элементов исходной схемы, величин теплоты Q и эксергии E потоков, не находящих применение в исходной схеме и значений коэффициента соотношения $K=E/Q$. Однако данные критерии неоднозначны, так как сложно определить, использовать ли в качестве утилизируемого поток с большими Q и E или с большим $K=E/Q$. То есть важно учесть соотношение планируемых к утилизации потоков с возможностью их «принятия» в «слабом месте» в имеющемся количестве G . Обычно выбранный по приведенным критериям поток ВЭР направляется для утилизации в аппарат с наименьшим КПД. Данный подход не гарантирует, что выбран наиболее энергоэффективный вариант. Это обусловлено тем, что при выборе «места» утилизации не учитывается «характер» утилизации, не учитывается соотношение КПД участка исходной схемы – потребителя ВЭР и КПД установки утилизации. То есть нельзя однозначно сказать, что наиболее эффективным вариантом является вариант утилизации ВЭР на участке с наименьшей энергоэффективностью.

Использование методики структурного анализа при проведении термодинамических расчетов исходной системы и системы рекуперации вторичной энергии позволит осуществлять быстрый поиск оптимального варианта системы рекуперации; а также, на основе получаемых данных о взаимозависимостях параметров ВЭР и КПД системы, произвести уточнение критериев выбора варианта системы рекуперации ВЭР.

УДК 621.1

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ USB-UART ДЛЯ УСТРОЙСТВА ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

ХАЙРИТДИНОВ Р.Р., КИМ А.Г., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЗАГРЕТДИНОВ А.Р.

Разрабатывается устройство для контроля состояния теплотехнического оборудования виброакустическим методом. Устройство состоит из следующих основных элементов: датчика KD-35, отладочной платы STM32F4 Discovery и персонального компьютера (ПК).

На данном этапе разработки необходимо решить задачу обмена данными между ПК и отладочной платой STM32F4 Discovery.

Для решения поставленной задачи нами был рассмотрен ряд микросхем и существующих протоколов, позволяющих осуществлять обмен данными.

В результате выбрана микросхема FT232RL, на основе которой сделан преобразователь Universal Serial Bus - Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (USB-UART). Выбор данной микросхемы обусловлен надежностью и высокой скоростью передачи данных, позволяющей достичь частоты дискретизации 40000 Гц, которая необходима для проведения экспериментальных исследований.

При создании преобразователя применена схема из технической документации микросхемы FT232RL, которая состоит из следующих деталей: микросхемы FT232RL, резисторов (2 шт. номиналом 270 Ом), конденсаторов (1 шт. номиналом 4,7 мкФ, 2 шт. - 100нФ) и нескольких светодиодов для индикации.

Созданный преобразователь имеет 2 разъема USB типа «В» для подключения к ПК и 4-контактную штыревую линейку для связи с устройствами. Контакты штыревой линейки подписаны: «+» – питание +5В или +3,3 В от шины USB ПК, RXD – прием данных, TXD – передача данных, GND – нулевой провод источника питания.

Проверка работоспособности преобразователя проведена следующим образом: на ПК с помощью специальной программы генерировался тестовый сигнал, который поступал на ножки аналого-цифрового преобразователя платы STM32F4 Discovery. Далее оцифрованный сигнал с помощью преобразователя USB-UART передавался на ПК, где происходила их обработка.

В результате проведенного эксперимента преобразователь USB-UART показал высокую работоспособность.

Литература

1. Иванов Ю.И., Югай В.Я. Интерфейсы средства автоматизации. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 252 с.
2. Datasheet FT232R USB UART IC Version 2.13, URL: <http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets.htm>.
3. Горшков Б.Л. Методы практического конструирования при нормировании сигналов с датчиков. Перевод ЗАО Автэк, AUTEX Ltd. 311 с.

УДК 697

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ

ХАЛИЛОВА Э.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) – один из важнейших элементов системы теплоснабжения потребителей, расположенный, в основном, в подвальном помещении. Предназначен для распределения тепловой энергии в системы отопления, ГВС и кондиционирования. От его характеристик значительно зависит эффективность регулирования. Поэтому тепловым пунктам (ТП) уделяется большое внимание в ходе термомодернизаций зданий. Автоматизированный ИТП позволяет отказаться от четырехтрубной магистральной системы и перейти на двухтрубную. По подающему трубопроводу осуществляется подача теплоносителя в ТП, после чего теплоноситель возвращается по обратному трубопроводу в тепловой источник.

При температуре теплоносителя, не превышающей 95 °С, его распределяют напрямую по всей системе отопления с применением только коллектора с балансировочными клапанами. При превышении температуры теплоносителя 95 °С, применяют регулировку температуры. Это одна из важнейших задач ИТП. При этом важно, чтобы при изменении температуры наружного воздуха срабатывали датчики для изменения температуры теплоносителя в системе отопления.

Энергосбережения можно достичь путем регулирования температуры теплоносителя с учетом изменения температуры наружного

воздуха. Для этого в ТП используют датчики погодного регулирования для циркуляции в системе отопления и регулирования температуры теплоносителя.

Большинство ТП имеет в своем составе также теплообменный аппарат для подключения к внутренней системе ГВС с циркуляционным насосом. Выбор оборудования зависит от конкретных целей и исходных данных.

Подключение потребителей к тепловой сети должно удовлетворять такие задачи, как минимальные затраты воды, экономия тепловой энергии за счет установки автоматических регуляторов теплового потока и ограничения затрат сетевой воды.

В ТП устанавливаются теплообменные аппараты с высокими характеристиками. В трубопроводах – автоматические воздухоотводчики и штуцеры. Оснащают приборами регулирования, теплотехнического контроля учета и автоматизации.

УДК 553.982.2 62

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО СРЕДСТВАМ ВНЕДРЕНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

ХАРЧЕНКО У.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Э.А.

По всему миру прогресс в теплоэнергетической отрасли относят к решению задач по повышению эффективности, экологичности, снижению материалоемкости и капиталоемкости, повышению надежности и эксплуатационных свойств энергетических установок. С улучшением экологической культуры и необходимостью уменьшения потребления ископаемых видов топлива также появляется необходимость в высокоэффективных способах преобразования и выработки энергии.

Автономные установки комбинированной выработки тепловой и электрической энергии – когенераторы – оказались успешным технологическим решением многих проблем. Когенерация – это технология комбинированной выработки энергии, позволяющая резко увеличить экономическую эффективность использования топлива, так как при этом в одном процессе производятся два вида энергии – электрическая и тепловая.

При проектировании нефтяного месторождения невозможно одновременно просчитать все оптимальные решения для эксплуатации объекта. Актуальной является возможность оптимизировать потери теплоты с уходящими газами от котлоагрегата, посредством установки на котельную когенерационной установки. При комбинированной работе выработанная электрическая энергия послужит питанием для восполнения собственных нужд котельной.

Цель работы:

Определение и расчет оптимальной схемы работы когенерационной установки, расчет оптимальной схемы когенерационной установки, технико-экономическое обоснование рассматриваемой схемы.

Выводы:

В результате выполнения данной работы будут получены оптимальные схемы когенерационных установок для каждого потребителя в зависимости от потребляемой мощности, также будет приведено технико-экономическое обоснование предлагаемых схем.

УДК 621.4

ПРИМЕНЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА С УСТРОЙСТВОМ ОТВОДА ТЕПЛА В УСЛОВИЯХ БЛИЖНЕГО КОСМОСА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ ГРАВИТАЦИИ

ХАФИЗОВ Р.Г., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Целью данной работы является рассмотрение применения двигателя Стирлинга для создания искусственной гравитации на космической станции и устройства отвода тепла от охлаждаемой части установки для поддержания требуемых параметров работы установки.

Приведено описание конструкции станции, ее составных частей и способы их функционирования в заданных условиях. Рассматриваются основные принципы работы системы «энергетический блок – орбитальная станция – механизм аккумуляции – устройство отвода тепла».

Рассмотрены важные устройства и механизмы, которые позволяют накапливать и запасать энергию для нормальной работы данной системы в отсутствии подводимой энергии Солнца, а также отводить тепло в условиях открытого космоса.

Приведены основные характеристики предложенного энергетического узла и предпосылки к его применению для решения поставленной задачи.

Таким образом, рассматривается вопрос об организации бесперебойной работы данной системы для обеспечения искусственной гравитации на космической станции посредством применения механизма аккумуляции энергии и отвода тепловой энергии от охлаждаемой области энергетической установки на базе двигателя Стирлинга.

УДК 681.2.08

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТРУБОПРОВОДОВ В ППУ ИЗОЛЯЦИИ

ЧАНЧИН К.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЗИГАНШИН Ш.Г.

Диагностика трубопроводов, находящихся в эксплуатации длительное время, предполагает обнаружение коррозии. Это – одна из важнейших проблем, решение которой позволит обеспечить безаварийную эксплуатацию и увеличить срок службы трубопроводов, снизить себестоимость доставки энергоносителей потребителям. Актуальность темы заключается в том, что на данный момент диагностика дефектов трубопроводов в ППУ изоляции слабо реализована.

Система диагностики с последующим своевременным ремонтом позволяет снизить риск и возможный ущерб от аварий. Одним из методов автоматизированного контроля состояния трубопроводов является метод свободных колебаний.

Для исследования дефектов был использован программно-вычислительный комплекс Ansys, использование которого позволило получить значения характеристик собственных колебаний трубопровода в ППУ изоляции и сопоставить их с характеристиками дефектных трубопроводов. Был проведен модальный анализ бездефектного трубопровода и с разной глубиной дефекта.

Был построен бездефектный трубопровод в ППУ изоляции. Дефектные с глубиной дефекта 1 мм и 3 мм. Внутренний диаметр трубопроводов составил 250 мм, а наружный диаметр с изоляцией и слоем полиэтилена 420 мм. Были подобраны значения коэффициента Пуассона и модуля Юнга для каждого из материалов.

На основании этих данных был проведен модальный анализ и получены экспериментальные данные, которые показали различия частот дефектных и бездефектного трубопроводов.

УДК 697.921.47

ГЕОТЕРМАЛЬНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ЖИЛОГО ДОМА

ЧУМАКОВА К.Ю., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ВАНЬКОВ Ю.В.

Целью данной работы является выбор энергоэффективного варианта вентиляции жилого дома. Проведено сравнение традиционной и геотермальной систем вентиляции жилого дома.

Геотермальная вентиляция базируется на принципе теплового насоса и предназначена для стабилизации температуры приточного воздуха в течение всего года в диапазоне 16–20 °С, что является возможным благодаря использованию подземных воздухопроводов.

Основным преимуществом такой системы вентиляции является существенное снижение эксплуатационных затрат на температурную обработку приточного воздуха в летний и зимний периоды. К недостаткам подобной системы можно отнести монтажную сложность и необходимость применения более мощных вентиляторов, чтобы продавить приточный воздух через искусственно наращенную длину воздухопроводной магистрали.

Рассмотрены основные принципы работы каждой из систем, а именно: приточной и вытяжной. Произведены тепловые, аэродинамические расчеты, а также запроектирован каждый вариант вентиляции.

УДК 658.264

НАЛАДКА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ОТ КОТЕЛЬНОЙ № 3 г. НУРЛАТ

ШАЙДУЛЛИН Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЗАГРЕТДИНОВ А.Р.

Наладка тепловой сети предназначена для создания надежного и экономичного режима распределения теплоносителя по потребителям

(объектам) в соответствии с их тепловыми нагрузками. Во многих регионах РФ наблюдается гидравлическая разрегулировка тепловых сетей, т.е. нарушение гидравлики независимо от тепловой мощности котельных. Отсутствие работ по наладке гидравлического режима на тепловых сетях является причиной перетопов у одних потребителей и недотопов у других, при этом на источниках тепловой энергии наблюдается значительный перерасход топлива, а также электроэнергии.

Наладка системы теплоснабжения от котельной № 3 г. Нурлат проводилась в осенний период после запуска системы отопления. Распределение между потребителями расчетного количества циркулирующей в системе теплоснабжения воды достигалось установкой дроссельных диафрагм, увеличивающих общее сопротивление местных систем отопления.

Проведенные мероприятия позволили снизить расход теплоносителя от котельной с 230 м³/ч до 210 м³/ч, при этом снизилась потребляемая мощность сетевого насоса ДЗ20/50 с 62 кВт до 59 кВт.

УДК 622.276.6:536.7

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЮГО- ВОСТОКА ТАТАРСТАНА ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ

ЯМАЛЕТДИНОВ А.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ВАЛИЕВ Р.Н.

На сегодняшний день актуальной проблемой нефтеподготовки нашего региона является высокое содержание сероводорода в нефти и, как следствие этого, большие затраты на сероочистку.

На большинстве нефтеподготовительных заводов юго-востока Татарстана удаление сероводорода производится химическим методом, который основан на инжесктированной подаче химического реагента (реатона) в поток нефти. Реатон, попадая в поток нефти, переводит сероводород в другие элементы. Основным недостатком данного метода является тот факт, что перевод сероводорода в другие элементы влечет за собой образование отложений в технологических аппаратах и емкостях. Также отрицательными качествами химического метода являются:

вредность реагента для здоровья человека, увеличение подтоварной воды в нефти, дороговизна и низкая технологичность метода.

Предлагаемое решение – использовать очищенный нефтяной газ в процессе сероочистки нефти в абсорбере с последующим его сжиганием вместо покупного природного в трубчатых печах. Преимуществами абсорбционного метода являются: возможность использования попутного нефтяного газа; удаление сероводорода из нефти, а не перевод его в другие элементы; замкнутость цикла; экономия природного газа.

На основании анализа теплотехнологической схемы совместной работы узла газоотдувки сероводорода из нефти и узла сероочистки газа на УКПН «Шешма» ООО «ППН-Сервис» проведен расчет технико-экономических показателей. По результатам проведенных исследований сделаны следующие выводы: 1) применение абсорбционного метода в нефтеподготовке позволяет использовать очищенный нефтяной газ в процессе сероочистки и вместо природного газа в процессе предварительного нагрева; 2) внедрение предлагаемой технологии позволяет снизить себестоимость подготовки нефти на 7,4 %; 3) ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения данной технологии – 42,8 млн руб.; 4) срок окупаемости составляет 5-6 лет.

УДК 621.311.22(470.41)

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИНИ-ТЭЦ В РТ

ЯХИНА Л.Т., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАТЬЕВ А.Е.

Холодный климат – это важная национальная особенность РТ. Благодаря климатическим условиям энергетические мощности и потребление тепловой энергии увеличивается. В настоящее время система централизованного теплоснабжения переживает серьезный кризис. Выходом из сформировавшейся ситуации для предприятий, учреждений и коммунальных хозяйств является дублирование централизованного энергоснабжения посредством создания малых теплоэлектростанций, т.е. мини-ТЭЦ. В настоящее время в энергетике прослеживается тенденция к производству и потреблению тепловой и электрической энергии. Даже с учетом перехода на энергосберегающие технологии потребность в тепло- и электроэнергии в ближайшее время будет только увеличиваться.

Мини-ТЭЦ (когенераторы) являются альтернативой существующему энергоснабжению, т.к. когенераторы вырабатывают более дешевые тепловую и электрическую энергии. Когенерация – это комбинированный процесс одновременного производства тепла и электроэнергии внутри устройства.

Существует множество аргументов в защиту выбора когенераторных технологий. Мини-ТЭЦ обладают такими особенностями как: дешевизна тепло- и электроэнергии, близость к потребителю, отсутствие необходимости в дорогостоящих ЛЭП и подстанциях, экологическая безопасность, мобильность, лёгкость монтажа и многими другими факторами.

По степени влияния на окружающую среду объекты энергетики принадлежат к числу наиболее интенсивно воздействующих на биосферу. Развитие российской энергетики требует решения проблемы экологической оценки возможных последствий на окружающую среду. Поэтому при выборе источника энергии следует учитывать не только экономические, но и экологические последствия влияния объектов энергетики при строительстве и эксплуатации.

Применение мини-ТЭЦ говорит о новой тенденции к развитию наиболее экономически эффективной и экологической отрасли ТЭК.

Установка мини-ТЭЦ в Альметьевске целесообразна для дополнительной выработки тепловой и электрической энергии.

СЕКЦИЯ 3. ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ И ТОПЛИВА, КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

УДК 628.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

АНДРЕЕВ К.С., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ДРЕМИЧЕВА Е.С.

Главными загрязнителями сточных вод промышленных предприятий являются нефтепродукты, а также ионы тяжелых металлов, к числу которых относят ионы железа, хрома, меди, никеля, цинка, кадмия,

алюминия. Особую опасность для окружающей среды представляют предприятия, где образуются оба вида этих сточных вод.

Одним из перспективных способов очистки как природных, так и сточных вод является метод сорбции. Этот метод характеризуется высокой степенью очистки, эксплуатационной надежностью, относительной простотой аппаратного оформления и применяется, как правило, на завершающих стадиях очистки, обеспечивая глубокое очищение до низких концентраций загрязнителя, позволяя использовать очищенную воду повторно в замкнутых системах водооборота предприятия.

Ранее были изучены сорбционные свойства различных отходов лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной и др. отраслей промышленности по отношению к нефти и нефтепродуктам, а также по отношению к ионам тяжелых металлов.

В данной работе в качестве сорбента нефтепродуктов был использован свекловичный жом.

Свекловичный жом является побочным продуктом процесса производства свекловичного сахара, представляя собой обессахаренную свекловичную стружку (80–82 % от массы переработанной сахарной свеклы с содержанием сухих веществ около 6,5–7,0 %).

Химический состав свежего свекловичного жома содержит (в сухом веществе) около 45–47 % целлюлозы, до 50 % пектиновых веществ, 2 % белка, 0,6–0,7 % сахара и около 1 % минеральных веществ, присутствуют витамины и органические кислоты.

В свежем виде жом используется для нужд животноводства в радиусе 100 км от сахарного завода. Доставка его потребителям на большее расстояние становится экономически невыгодной из-за высокой стоимости затрат на транспортировку. Кроме того, свежий свекловичный жом скармливают сельскохозяйственным животным в течение 1–2 дней после выработки, либо консервируют его в специальных жомовых ямах или в полиэтиленовых «рукавах». Это связано с его быстрой порчей из-за развития гнилостной микрофлоры, начала маслянокислого брожения, плесневения.

Поэтому была рассмотрена возможность использования данного материала в альтернативном направлении – в качестве сорбента вредных примесей.

В качестве объекта исследования был взят свекловичный жом – побочный продукт переработки сахарной свеклы ООО «Буинского сахарного завода».

В работе была проведена оценка нефтеемкости свекловичного жома по отношению к отработанному моторному маслу и удерживающей способности (способность к десорбции нефтепродуктов). Также было проведено исследование по водопоглощению жома гравиметрическим методом, которое показало, что жом способен поглотить до 200 % воды в течение 30 минут контакта.

В рамках данной работы в лабораториях по топливу и маслу Казанской ТЭЦ-1 были проведены экспериментальные исследования по определению теплоты сгорания $Q_{\text{нр}}$ жома, насыщенного отработанным маслом.

На основании полученных результатов видно, что свекловичный жом обладает некоторыми сорбционными свойствами по отношению к вредным примесям – нефтепродуктам.

Достоинствами жома как сорбента вредных примесей являются доступность и безреагентная технология его получения вследствие того, что он является отходом сельского хозяйства, и возможность его утилизации после отработки путем сжигания в силу его органической природы, что позволяет получить дополнительное количество теплоты.

УДК 628162.5

ДОЗИРОВАНИЕ ПРИСАДКИ В НЕФТЕПРОДУКТЫ

АХМЕТВАЛИЕВА Г.Р., БУРГАНОВА Ф.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ЗВЕРЕВА Э.Р.

В течение последних лет наблюдается тенденция ухудшения эксплуатационных свойств мазутов (увеличения его вязкости, наличия повышенного содержания воды и смолисто-асфальтовых веществ, роста вредных выбросов в атмосферу) по причине увеличения глубины переработки нефти на нефтеперерабатывающих заводах. Перед потребителями встает вопрос о повышении качества топочного мазута.

Традиционные технологические схемы подготовки жидкого топлива к сжиганию в котельных по целому ряду причин (в том числе экономических), не позволяют в полной мере обеспечить необходимые характеристики топлива перед сжиганием.

Компенсировать несовершенство мазутных хозяйств в условиях продолжающегося ухудшения эксплуатационных свойств мазута и повысить эффективность использования жидкого топлива позволяет

добавление присадок. Присадки обеспечивают комплекс физико-химических свойств, необходимых для нефтяных топлив различного назначения, а также способствуют предотвращению интенсивного окисления, образования отложений и осадков, снижению износа и коррозии, улучшению вязкостно-температурных и других эксплуатационных характеристик.

Процесс подготовки к сжиганию мазута в смеси с присадками позволяет решать многие эксплуатационные проблемы мазутных хозяйств: сжигание обводненного мазута без предварительного обезвоживания, обеспечение устойчивого (без срывов) горения, повышение надежности и ресурса технологического оборудования (мазутных насосов, подогревателей, форсунок, котлов).

Выбор дозировки присадки играет весьма важную роль. Правильный выбор дозировки присадки резко повышает эффективность ее действия. Дозировку присадки не всегда удается определить методом расчета. Связано это с тем обстоятельством, что далеко не весь активный компонент присадки участвует в химических реакциях. При недостаточном размоле крупные частицы, пролетая через котлоагрегат, участвуют в процессе только тонким поверхностным слоем, основная же внутренняя их часть остается неиспользованной. Таким образом, тонкость размола присадок также имеет большое значение. Обычно желателен более тонкий помол с максимальным размером частиц не более 15-20 мкм. Вместе с тем присутствие в присадке некоторого количества относительно крупных частиц, и притом более твердых, может быть полезным для сбивания отложений с поверхностей нагрева (для самообдужки).

Метод ввода присадок выбирался на основании технико-экономического расчета, с учетом стоимости присадок и технологического оборудования для их ввода, а также эксплуатационных расходов и на основании экспериментальных исследований.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 16-08-00731-а

Литература

1. Э.Р. Зверева. Энергосберегающие технологии и аппараты ТЭС при работе на мазутах / Зверева Э.Р. , Фарахов Т.М. – М: «Теплотехник», 2012. – 181 с.
2. Э.Р. Зверева. Ресурсо-, энергосберегающие технологии в мазутных хозяйствах тепловых электрических станций – Казань: 2010. – 183 с.
3. Белосельский Б.С. Технология топлива и энергетических масел / Б.С. Белосельский. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 340 с.

УДК 628.3:665

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

БАХТИГАРЕЕВА Л.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ДРЕМИЧЕВА Е.С.

Предприятия нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности активно развиваются, наращивая объемы производства, что вызывает необходимость решения проблемы загрязнения окружающей среды вредными выбросами. Основная масса загрязнений попадает в водоемы со сточными водами предприятий химической промышленности и топливно-энергетического комплекса.

В производственных сточных водах нефтесервисных, нефтеперерабатывающих предприятий в качестве загрязняющих веществ присутствуют сложные смеси нефтепродуктов переменного состава и разнообразных физико-химических свойств. При попадании в окружающую среду сточные воды, содержащие нефтепродукты ухудшают санитарно-гигиеническое состояние почвы, воздушного и водного бассейнов.

Многочисленные предприятия хранения, транспортировки, отпуска нефтепродуктов, например, такие как автотранспортные, автозаправочные комплексы, не всегда располагают эффективными очистными сооружениями. При этом, именно такие мелкие и средние предприятия дают в сумме огромное количество нефтесодержащих сточных вод.

На сегодняшний день, сорбционный метод очистки стоков является одним из наиболее эффективных. Эффективность сорбции обусловлена прежде всего тем, что сорбенты могут удалять из очищаемой воды различные органические вещества, в том числе и биологически жесткие, которые невозможно удалить из воды другими методами. Также, к преимуществам сорбентов относится способность очищать воду до практически нулевых остаточных концентраций загрязняющих веществ. Сорбенты могут удалять загрязняющие вещества из воды при любых концентрациях, в том числе и весьма малых.

В качестве сорбентов могут использоваться различные мелкодисперсные твердые вещества, обладающие развитой поверхностью: торф, коксовая мелочь, опилки, зола, различные глины. Однако в системах

очистки сточных вод все более широкое применение находят полимерные сорбенты, имеющие высокие показатели сорбционной емкости.

В работе была рассмотрена возможность использования в качестве сорбента нефтепродуктов природного материала – торфа. Достоинством торфа является его дешевизна, доступность и возможность утилизации путем сжигания.

Сорбционная емкость определялась согласно ГОСТ. Для интенсификации процесса сорбции рассматривались следующие методы: нагревание, перемешивание, добавление ПАВ, изменение pH.

В практике водоочистки достаточно сложно подобрать оптимальный метод очистки, так как каждый из существующих методов требует учитывать множество различных факторов. Сорбционные методы легко поддаются автоматизации и не требуют больших эксплуатационных затрат. В связи с этим решение проблем, связанных с применением сорбентов, а также разработка новых полимерных сорбентов, способных повысить степень очистки сточных вод до нормативных, безвредных для окружающей среды вод является актуальной задачей.

УДК 662.75

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ МАЗУТА В РЕЗЕРВУАРНОМ ПАРКЕ УФИМСКОЙ ТЭЦ-2

ГАНЕЕВ А.Т., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор МИНГАЛЕЕВА Г.Р.

Мазутное хозяйство предназначено для приема, хранения и подготовки мазута к сжиганию, бесперебойного снабжения котельных установок подогретым и профильтрованным топочным мазутом в количестве, требуемом нагрузкой ТЭЦ и с необходимым давлением и вязкостью. Мазутное хозяйство является одним из основных потребителей энергии, идущей на собственные нужды станции. Основная доля затрат в структуре энергопотребления мазутного хозяйства приходится на поддержание температурного режима в резервуарах и подогрев мазута, подаваемого к котлам. В связи с этим становится актуальным определение эффективности данного процесса для последующей разработки мероприятий по ее повышению.

Резервуарный парк Уфимской ТЭЦ-2 состоит из 3 надземных металлических резервуаров № 1, 2, 3 суммарной фактической емкостью

17690 м³. Резервуары являются поочередно приемными и расходными. Цель расчета – определение затрат энергии на подогрев мазута в резервуарах. В качестве исходных данных использовались конструктивные параметры резервуаров, режимные характеристики потоков, свойства мазута и теплофизические характеристики газовой среды между зеркалом мазута и покрытием. Учитывалась температурная зависимость вязкости мазута. Расчет проводился для зимнего периода эксплуатации резервуарного парка при температуре минус 35 °С исходя из условий теплообмена с окружающей средой через стенки резервуара. Определялись коэффициенты теплоотдачи конвекцией и радиацией, средняя температура подогрева мазута имеет значение 64 °С. Затраты теплоты на подогрев составили для резервуаров № 1, 2 и 3 соответственно 202204,28, 101102,13, 101102,13 Дж×10⁶. Эффективность подогрева мазута в резервуарах определялась посредством КПД, который в режиме циркуляционного подогрева для все трех резервуаров составил 98 % в отличие от статического режима с КПД для резервуара № 1 – 91, для резервуаров № 2 и 3 – 94 %.

УДК 628.162-5

УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАЗУТА ПРИСАДКАМИ, ВКЛЮЧАЮЩИМИ НАНОДОБАВКИ

ГАФИЯТОВА Д.Р., ШАЙХУТДИНОВА А.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ЗВЕРЕВА Э.Р.

Наблюдающаяся в последние годы устойчивая тенденция снижения качества топлива, обусловленная более глубокой переработкой нефти и увеличением в топливе доли тяжелых остаточных фракций, требует решения ряда теоретических и эксплуатационных проблем, связанных с работой тепловых электростанций (ТЭС) и котельных на остаточных топливах.

Ухудшение качества котельного топлива неизбежно приводит к проблемам из-за значительного содержания в топливе асфальто-смолистых веществ, высоких значений коксового остатка, серы и других включений, нестабильности топлив, склонности к образованию осадков на поверхностях нагрева и т.д. Таким образом, качество мазута оказывает существенное влияние на условия его транспортировки, хранения и

сжигания, на объем выбрасываемых в атмосферу вредных веществ, а также на работу основного и вспомогательного оборудования ТЭС и котельных.

В энергетике наблюдается бурный рост применения наноматериалов и нанотехнологий, которые используются для совершенствования технологии создания топливных и конструкционных элементов, повышения эффективности существующего оборудования и улучшения технологических свойств топлив. Во многих случаях для эффективного использования тяжелых топлив требуется применение специальных присадок – веществ синтетического или природного происхождения, улучшающих эксплуатационные и физико-химические свойства топлива.

Опыт применения углеродных нанотрубок (УНТ) в качестве добавок к моторным топливам показал положительные результаты в улучшении свойств легких нефтепродуктов, в связи с этим имеются основания для более детального изучения возможностей использования добавок с углеродными нанотрубками с целью повышения качества котельного топлива, путем улучшения его эксплуатационных и экологических свойств.

При 85 °С наблюдается снижение значений вязкости смеси мазута с раствором ДСН и многослойными нанотрубками «Таунит» на 9,52 % и 11,9 % соответственно относительно вязкости чистого мазута (процент выражен в относительной величине).

Как показали экспериментальные исследования вязкости смеси водотопливной эмульсии (ВТЭ) с многослойными нанотрубками «Таунит», а также смеси с раствором анионного ПАВ – додецилсульфата натрия (ДСН) в концентрации 100 мМ, наблюдается снижение динамической вязкости в зависимости от скорости перемещения слоев топлива, что связано с модификацией поверхности кристаллов парафинов таким образом, что они теряют способность к слипанию.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 16-08-00731-а.

УДК 628162.5

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОМАЗУТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В КАЧЕСТВЕ КОТЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

ЗВЕРЕВ Л.О., Академический лицей имени Н.И. Лобачевского, г. Казань
Науч. рук. КОЗЛОВА Г.Б.

Проблема ресурсосбережения является актуальной в энергетике и в топливном хозяйстве ТЭС, в частности. Мазут используется на станции в качестве основного, вспомогательного, резервного и аварийного топлива. При сжигании мазутов в атмосферу с дымовыми газами поступают окислы азота и серы, окись углерода, сажа, бенз(а)пирен и другие токсические вещества. Перспективным методом подавления образования этих веществ в топочных процессах является сжигание мазута в виде водомазутной эмульсии. При этом повышается полнота сгорания обводненного мазута, обезвоживание которого требует дополнительных капитальных и эксплуатационных расходов.

Водомазутные эмульсии (ВМЭ) – это жидкое топливо, представляющее собой дисперсную систему из двух нерастворимых друг в друге жидкостей. ВМЭ отличается от мазута как физико-химическими свойствами, так и особенностями горения и теплообмена. При сжигании в топке водомазутной эмульсии процессы горения ускоряются и происходит снижение токсичных выбросов. Данная технология позволяет:

- снизить содержание в дымовых газах NO_x на 20-40 %, CO на 50%, сажи на 70-80 %;
- обеспечить полное сгорание топлива, и в результате – уменьшить золовые отложения по газовому тракту;
- обеспечить надежный распыл и горение при низких температурах;
- утилизировать обмазанные воды; получить дополнительную энергию за счет уменьшения энергозатрат на собственные нужды (исключить из технологии топливоподготовки операции отстаивания, слива подтоварной воды).

В данной работе приведены сравнительные данные о горении безводного и эмульгированного топлива. Сжигание эмульгированного топлива обеспечивает экономию мазута в пределах 10-20 % за счет увеличения скорости горения по сравнению с горением безводного топлива. Скорость горения увеличивается за счет увеличения поверхности горения топлива, которое обусловлено вторичным диспергированием.

Смешение топлива происходит в специальном устройстве, которое называется эмульгатор, и который устанавливается непосредственно перед форсуночным устройством топочной камеры.

Первичное диспергирование осуществляется форсуночным устройством камеры сгорания, диаметр капли составляет от 50 мкм и меньше. Вторичное диспергирование происходит в камере сгорания при нагревании капли воды, обволоченной пленкой мазута. Капля воды нагревается в течение 1,5 с при температуре 1200 °С, при такой температуре капля взрывается, разрывая на себе несущую пленку мазута на более мелкие капли диаметром 10 мкм и меньше, которые сгорают за время, равное 0,04 с. Безводный мазут сгорает равномерно без взрыва в течение 5 – 6 с. Таким образом, скорость сгорания увеличивается в 3 раза, соответственно парогенератору передается в 3 раза большее количество теплоты в единицу времени. Расчет выбросов вредных веществ в атмосферу был произведен в предположении полного сгорания топлива (с образованием CO_2) и показал, что происходит уменьшение выбросов от сжигания 1 кг эмульсии данного состава по отношению к чистому мазуту в 1,3 – 1,9 раз. Снижение выбросов в атмосферу ведет к уменьшению экологических платежей. В качестве топлива на ТЭС экономически и экологически выгодно использовать эмульсию состава 80 % мазута и 20 % воды. Т. к. эмульсия такого состава сгорает практически с таким же выделением тепла, как и чистый мазут, при этом экономия топлива составляет 20 %. Эти 20 % топлива замещаются водой, которая снижает затраты на топливо. Стоимость 1 тонны эмульсии 80/20 составляет 80000 руб. (80 %) + 80 руб. (20 %) = 8080 руб. Соответственно экономия топлива на 1 тонну составит: 10000 руб. – 8080 руб. = 1920 руб. То есть затраты на топливо снижаются в 1,2 раза. Так как объемы выбрасываемых загрязняющих веществ в атмосферу CO_2 снижаются в 1,2 раза, SO_2 – в 1,4 раза, NO_x – в 1,2 раза, предотвращенный ущерб атмосфере составляет 36924,23 руб. на тонну топлива.

Литература

1. Зверева Э.Р. Повышение технико-экономических и экологических показателей мазутных хозяйств /Э.Р.Зверева, Л.В.Ганина// Энергетика Татарстана. – 2007. – № 2 (6). – С. 62-66.
2. Зверева Э.Р., Ганина Л.В. Способы подготовки мазута к сжиганию // Международная научная конференция «Математические модели в технике и технологиях»: сб. тез. докл. – Ярославль, 2007. – Т.5. – С. 251-252.

УДК 621.311.183

ИССЛЕДОВАНИЕ АГРЕГАТОВ НА БАЗЕ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЫ ИЗ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА

КОМАРОВ М.В., КОМАРОВА Е.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ТИТОВ А.В.

Вода, самое распространенное вещество, применяемое человеком для осуществления жизнедеятельности. Она занимает важное место в большинстве сфер промышленности, включая и энергетическую, в которой она, являясь рабочим телом в теплоэнергетике, преобразует тепловую энергию в механическую, а далее в электрическую.

Основным источником воды на сегодняшний день являются водные бассейны, расположенные на поверхности Земли и в ее недрах, однако использование природных вод для промышленных и бытовых нужд является в большинстве случаев недопустимым, т.к. требования к качеству воды, установленные в промышленности, определяются специфическими условиями технологических процессов, а питьевая вода обязательно должна быть без цвета и запаха, не содержать вредных для здоровья веществ и болезнетворных микроорганизмов.

Хоть 70,8 % земного шара и покрыто водой, запас пресной воды, не считая той, которая в виде льда находится в ледниках, а также в Арктике и Антарктиде составляет всего 1 % от всего ее объема.

Несмотря на всю ограниченность в пресной воде, в настоящее время остается не используемой и такой ее источник, как вода, находящаяся в атмосфере. Так, количество воды в руслах рек составляет примерно 1,2 тыс. км³, в то время как количество воды, находящейся в атмосфере, в настоящее время может быть равным от 12-14 тыс. км³ [1], что как минимум в десять раз выше, а проводя сравнение количества воды в атмосфере можно сделать вывод о том, что ее обновление в атмосфере происходит порядка 45 раз в год[2].

В атмосфере можно выделить несколько слоев, не считая переходных, которые можно разделить по температуре и плотности – это тропосфера в зависимости от места нахождения от полюсов к экватору, толщина составляет от 8-18 км, стратосфера над тропосферой на высоте от 8 до 50 км, а также мезосфера 50-80 км, термосфера до 300 км, экзосфера – внешний слой. В наших исследованиях представляет интерес тропосфера,

которая состоит из газов азота – 78,08 %, кислорода – 20,95 %, углекислого газа – 0,03 %, аргона – 0,93%, небольшого количества гелия, неона, ксенона, криптона – 0,01 %, озона и других газов, но их содержание крайне мало [3].

Воздух в нижних слоях атмосферы никогда не бывает абсолютно сухим, в нем всегда содержится некоторое количество водяного пара. Смесь сухого воздуха с водяным паром называется влажным воздухом[4].

Обращаясь к исследованиям сезонного разбега средней влажности воздуха, мы имеем следующие показатели по следующим засушливым районам: Россия, Сочи 5-16 г/кг, Россия, Волгоград 5-10 г/кг, Израиль, Тель-Авив 9-20 г/кг, Израиль, Иерусалим 8-13 г/кг, ОАЭ, Дубай 9-20 г/кг, Оман, Мускат 13-22 г/кг, Саудовская Аравия, Бахрейн 9-26 г/кг, Саудовская Аравия, Мекка 10-15 г/кг [5]. Анализируя эти данные, можно установить, что существуют обширные районы, где влажность превышает 8–10 г/кг и где возможно получать влагу из воздушного бассейна. Главный и определяющий вопрос этой проблемы – себестоимость литра воды, мобильность установки. [5].

Исследования агрегатов, с помощью которых можно осуществлять получение воды из воздушного бассейна, показали высокую эффективность их использования на базе газотурбинных установок по причине значительной пропускной способности и высокой мощности при относительно небольших размерах. Кроме значительной пропускной способности использование агрегатов на базе газотурбинных установок может быть удешевлено путем использования для этих целей установок, снятых с летательных аппаратов по причине окончания срока службы и прошедших модернизацию и ремонт. Такая установка может быть размещена на базе любого транспортного средства, в том числе и грузового автомобиля, средних размеров, что повысит ее мобильность.

Литература

1. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. Т.2. Л.: Гидрометиздат,1978.
2. Алексеев В.В. Получение пресной воды из влажного воздуха / В.В. Алексеев, К.В. Чекарев // Аридные экосистемы. – 1996. – Т. 2.
3. Атмосфера: справочник / под ред. С.И. Авдюшина, Ю.С. Седунова. – Л.: Гидрометеиздат, 1991.
4. Метеорологический словарь / под ред. Мамонтова Л.И., Хромова С.П. – Л.: Гидрометиздат, 1974.
5. Перельштейн Б.Х. Новые энергетические системы: монография / Б.Х. Перельштейн. – Казань: изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2008.

УДК 621.321

ПРИМЕНЕНИЕ ОКТАДЕЦИЛАМИНА ДЛЯ КОНСЕРВАЦИИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ЛЕБЕДЕВА Ю.В., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЕРЁМИНА Н.А.

В настоящее время на первое место выходят проблемы повышения надежной работы теплоэнергетического оборудования. Их решению способствует защита конструкционных материалов поверхностей нагрева от износа в период эксплуатации и при остановках в резерв и ремонт. Надежность и экономичность теплоэнергетического оборудования в значительной мере определяются выбором эффективных методов обеспечения водно-химических режимов (ВХР). К их числу, например, можно отнести микродозировки в теплоноситель поверхностно активных веществ, в частности, октадециламина (ОДА), положительно влияющего на гидродинамику двухфазных потоков, тепломассообмен, подавляющего коррозию и эрозию.

Защитное действие ОДА обусловлено формированием на поверхности оборудования устойчивого адсорбционного слоя его молекул, предохраняющего металл от воздействия кислорода, углекислого газа и других коррозионно-агрессивных веществ. Технология с применением ОДА обеспечивает защиту металлов от коррозионного разрушения при одновременном разрыхлении твердых отложений, например, оксидов металлов.

Рассматривается опыт применения технологии с использованием ОДА для консервации поверхностей теплоэнергетического оборудования на территории РФ и за рубежом, а также особые условия, необходимые для реализации данного процесса.

Основными эффектами при использовании ОДА в теплоэнергетике являются: существенное снижение поверхностного натяжения на границе раздела фаз «газ-жидкость», ускоряющего массообмен между этими фазами и обеспечивающего диспергирование паракапельных и пузырьковых сред; обеспечение щелочной реакции водного раствора; значительная адсорбция на твердых и жидких поверхностях, способствующая защите от коррозии и эрозии; паролетучесть; негорючесть применяемых форм; низкая степень деструкции;

минимальная токсичность; биологическая разлагаемость; наличие доступного источника получения и др.

Октадециламин ($C_{18}H_{37}NH_2$) – воскоподобное вещество белого цвета, которое плохо растворяется в воде, однако хорошо эмульгирует в ней. Экспериментально установлено, что адсорбция ОДА происходит более интенсивно в кислых и нейтральных средах, чем в щелочных. Характер сорбции ОДА на поверхности конструкционных материалов и соответственно защитные свойства формируемой пленки существенно зависят от температуры (при температурах менее $100\text{ }^{\circ}C$ пленка ОДА на металлической поверхности формируется в значительной степени за счет физической сорбции и может быть легко удалена химическим способом, при температурах более $150\text{ }^{\circ}C$ пленка ОДА на поверхности металла на

90 % образуется за счет хемосорбции и практически не удаляется химическими растворителями). Наиболее стойкая пленка ОДА образуется при температурах свыше $250\text{ }^{\circ}C$, при этом защитный эффект составляет 90 %.

Технология консервации теплоэнергетического оборудования с использованием пленкообразующих аминов должна учитывать большое количество факторов, а именно: тип металла, удельную загрязненность поверхностей и состав отложений, используемый ВХР, скорости потока при консервации, состояние среды, температуру, значение водородного показателя среды и т.д. Процесс консервации контролируется по показаниям данных ВХР (содержанию ОДА, Fe, Cu, Cl, pH, SiO_2 , удельной электропроводности и т.д.). Критерием окончания процесса консервации является относительная стабилизация концентрации ОДА в контуре. Оценка качества защитной пленки на поверхности металла осуществляется органолептическим и химико-аналитическим методами.

Технология с применением ОДА показала положительные результаты на многих предприятиях, в том числе: Кольская, Балаковская, Нововоронежская АЭС (Россия); Березовская, Заинская, Киришская, Сырдарьинская, Рязанская ГРЭС (Россия); АЭС «Пакш» (Венгрия), АЭС «Козлодуй» (Болгария) и др.

По результатам испытаний, проведенным на Владимирской ТЭЦ - 1, Ульяновской ТЭЦ - 1, Кольской АЭС и ТЭС «Варна» в Болгарии можно сделать вывод, что благодаря применению этой технологии снижается скорость образования коррозионных отложений на внутренних поверхностях оборудования, а поверхностью приобретаются гидрофобные свойства.

Важно сказать, что существуют и некоторые отрицательные стороны применения ОДА, а именно: относится к вредным химическим соединениям (является сенсбилизатором аллергических реакций человека); максимальный антикоррозионный эффект может быть получен на поверхностях пароводяного тракта, очищенных от рыхлых отложений; отработавший остывший «раствор» ОДА представляет собой устойчивую коллоидную систему с массовой концентрацией ОДА от 1 до 10 мг/дм³, для разбавления которого потребуется большое количество «свежей» воды, что очень затратно; он негативно воздействует на фильтрующий материал ионитных фильтров блочной обессоливающей установки (БОУ).

Целью дальнейшей работы является исследование возможностей очистки растворов после консервации и защиты ионитов фильтров БОУ от негативного воздействия ОДА.

УДК 543.054.2

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЕЙ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

МУБАРАКЗЯНОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. науч. рук. д-р хим. наук, профессор НОВИКОВ В.Ф.

Методом восходящей колоночной жидкостной хроматографии изучено поведение органических растворителей по отношению к пористому материалу «Диохрому». Определены времена удерживания как полярных, так и неполярных растворителей и найдены корреляционные зависимости, связывающие времена удерживания стандартных сорбентов с длиной сорбционного слоя и дипольными моментами растворителей. Проведена обработка органических растворителей постоянным магнитным полем и установлено, что она практически не влияет на вещества с нулевым дипольным моментом. Для сорбентов, имеющих высокое значение дипольных моментов, выявлено существенное уменьшение абсолютного времени удерживания, что можно использовать в практических целях для регулирования селективности разделения различных органических соединений методом восходящей жидкостной колоночной хроматографии, в том числе и при анализе фурановых соединений в трансформаторном масле.

УДК 621:579

АНАЛИЗ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ НА ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

МУЗЕНИТОВА К.Ф., КНИТУ, САФИНА М.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОШКИНА Л.Ю.;
канд. техн. наук, доцент КОТЛЯР М.Н.

Отрицательная роль микроорганизмов в системах водоснабжения связана с их участием в коррозионных процессах. Они могут оказывать влияние на коррозионную стойкость металлов и защитную стойкость покрытий, способствуя возникновению или ускорению коррозионного разрушения. С целью оптимального выбора способов профилактики и борьбы с микроорганизмами необходимо использовать дифференцированный подход с учетом доминирующих видов организмов и мест их нахождения [1, 2].

На базе ФГБОУ ВО «КНИТУ» был проведен комплекс работ по осуществлению микробиологического анализа воды, взятой с различных участков химической водоочистки Казанской ТЭЦ-1 на наличие железобактерий (ЖБ) и сульфатредуцирующих видов бактерий (СВБ).

Для выявления наличия в поступившей воде сульфатвосстанавливающих видов бактерий был произведен посев проб воды на среду Баар, железобактерий – на среду Лиске.

О наличии и количестве сульфатвосстанавливающих бактерий в пробах судили по почернению осадка, присутствующего в среде Баар. О наличии железобактерий судили по образованию и количеству осадка оксидов железа (III). Далее производили микроскопирование проб.

Исследования воды с Казанской ТЭЦ-1 показали, что поступающая вода содержит микроорганизмы в достаточно большом количестве. Содержание железобактерий максимально после прохождения воды через Н-катионитные и ОН-анионитные фильтры 2 ступени. Наибольшее количество сульфатредуцирующих бактерий наблюдается в пробах воды после осветлителей. В пробах воды после механических фильтров микроорганизмы обеих таксономических групп также диагностируются, но в значительно меньших количествах, что связано со способностью загрузки механических фильтров сорбировать микроорганизмы.

Заметный коррозионно-опасный процесс происходит тогда, когда присутствует достаточное количество СВБ. Но будучи факультативными

анаэробами СВБ могут развиваться и в аэробных зонах, образуя ассоциации с аэробными бактериями, например, с железобактериями [1]. А железобактерии присутствуют в водах ТЭЦ-1 в достаточном количестве, создавая условия, благоприятные для функционирования пар дифференцированной аэрации и способствуя развитию анаэробных СВБ. Поэтому должны применяться меры для борьбы, в первую очередь, с железобактериями (например, обезжелезнение, хлорирование, подщелачивание воды до pH 8-8,5).

В результате проделанной работы выявлено наличие коррозионно-опасных микроорганизмов, а именно, железобактерий и сульфатредуцирующих бактерий, на различных ступенях системы оборотного водоснабжения ТЭЦ-1.

Литература

1. Терентьев, В.И. Борьба с коррозией в системах водоснабжения / В.И. Терентьев, С.В. Караван, Н.М. Павловец. – СПб: «Перспект науки», 2007. – 328 с.
2. Колесникова Н.Н. Биологическая коррозия металлических конструкций и защита от нее / Н.Н. Колесникова, Ю.К. Луканина, А.В. Хватова // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – №1. – С.170-174.

УДК 620.92

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ УГЛЯ ДЛЯ МИНИ-ТЭС

НГУЕН ДЫК ТОАН, ФАМ ДАНГ НЯТ, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, профессор МИНГАЛЕЕВА Г.Р.

Надежное энергоснабжение промышленных предприятий и жилищных комплексов не всегда может быть обеспечено от централизованной энергосистемы, особенно в труднодоступных районах. В некоторых случаях более рациональным является строительство автономной электростанции. Однако при этом должен быть обоснован выбор топлива, на котором она будет работать. В настоящее время производители стремятся снизить себестоимость производимой продукции, чтобы иметь преимущества в конкурентной борьбе. При этом

стоимость потребляемых энергоресурсов иногда имеет решающее значение. Поэтому создание собственной мини-ТЭС, использующей в качестве топлива дешевые местные энергоресурсы, является серьезной альтернативой централизованному энергоснабжению. В частности, в качестве топлива для мини-ТЭС может использоваться уголь, который добывается во многих странах, в том числе и во Вьетнаме. По данным 2014 года на основе использования угля во Вьетнаме вырабатывалось 25,86 % тепловой энергии и 28,94 % электрической. Ежегодно добывается 44 млн тонн угля.

В данной работе был проведен расчет эффективности системы подготовки угля для мини-ТЭС мощностью 10 МВт, в состав которой входит паровая турбина и котел. Предполагается, что котел работает на угле марки Г Кузнецкого угольного бассейна. Выбрана система подготовки угля с промежуточным бункером угольной пыли и сушкой воздухом и шаровой барабанной мельницей ШБМ 220/330. По условиям взрывобезопасности для Кузнецкого угля марки Г была выбрана температура сушильного агента за мельницей, равная 70 °С. Расход сушильного агента с температурой 200 °С составил 1,69 кг на 1 кг угля. Был составлен тепловой баланс сушильно-мельничной установки и рассчитана тепловая эффективность системы, получено значение 63,2 %. Данное значение соответствует тепловой эффективности систем средней и высокой мощности, которая в среднем для аналогичных вариантов компоновки составляет 67 %.

УДК 621.31

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ СЖИГАНИЯ ГАЗА В КОТЛАХ ТЭС ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ КРУТОК ВОЗДУХА В ГОРЕЛКАХ

ТАЙМАРОВ М.А., СУНГАТУЛЛИН Р.Г., ХУСАИНОВ Д.Г., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ТАЙМАРОВ М.А.

В котлах ТГМ-84Б сжигание природного газа происходит в шести горелках, расположенных в два яруса: 4 горелки на первом ярусе на отметке 6,6 м и 2 горелки на втором ярусе на отметке 11,2 м. Используемые горелки ГМУ-45 имеют центральную аксиальную крутку с неподвижными лопатками и периферийную тангенциальную крутку с изменяемым углом наклона лопатки β , значение которого, как правило, отсчитывается от вертикальной оси горелочной амбразуры. Распределение

тепловых мощностей по ярусам горелок составляет: верхний ярус 100 МВт, нижний ярус 200 МВт. Горелка ГМУ-45 двухпоточная по воздуху. 1-й поток воздуха идет через направляющую тангенциальную крутку в количестве около 78 %. Второй поток идет через аксиальную крутку (около 22 %). Как правило, ориентация вращения направляющей тангенциальной крутки воздуха по горелкам 2 яруса, сходящаяся по типу правая крутка + левая крутка. Для горелок первого нижнего яруса при виде с фронтальной стены котла крутка идет попарно встречная сходящаяся. Такое сочетание круток обеспечивает восходящий поток от горелок 2 яруса. Однако крутка воздуха в горелках первого яруса снижает тепловые потоки на нижнюю часть экранов. Поскольку результирующая закрутка определяется горелками второго яруса, то в целом восходящий по центру половинки топки с учетом двухсветного экрана увеличивает температуру продуктов сгорания на входе в ширмовый пароперегреватель. В типовых горелках ГМУ-45, применяемых на котле ТГМ-84Б, используется центральная сопловая газораздача с эшелонированной подачей газа под углом 45° струями различного масштаба.

Такая газораздача не обеспечивает хорошего выгорания топлива.

УДК 621.187

РАЗРАБОТКА МЕТОДА КАЛИБРОВКИ РН-МЕТРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СТЕНДА

ТРУХИН Д.С., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЛАРИН А.Б.

Эксплуатация тепловых и атомных электростанций напрямую зависит от качества водного теплоносителя. Внедрение более совершенных систем химико-технологического контроля позволит увеличить срок службы и снизить затраты на эксплуатацию энергетического оборудования, а также улучшить работу ТЭС на критических и сверхкритических параметрах пара.

На кафедре ХХТЭ ИГЭУ была разработана методика косвенного определения ионных примесей водного теплоносителя энергоблока СВД. Этот метод позволяет рассчитывать концентрации нормируемых примесей: аммиака, ионов натрия, уголекислоты, щелочности по измеренным значениям электропроводности прямой и Н-катионированной пробы. На основе разработанной методики компанией НПП

«Техноприбор» был выпущен анализатор примесей теплоносителя «АПК-Лидер».

Анализатор АПК-«Лидер» производит косвенное измерение рН путем пересчета значений удельной электропроводности прямой (æ) и Н-катионированной (æн) проб воды на значения рН. В этих условиях требуется калибровать прибор на растворах с известными значениями рН в рабочем диапазоне питательной и добавочной воды энергетических котлов, т.е. при рН от 6,0 до 10,0. При этом удельная электропроводность калибровочных растворов не должна существенно отличаться от электропроводности питательной воды, следовательно, не должна превышать 10 мкСм/см. Приготовить такие калибровочные растворы и использовать их для калибровки анализаторов рН сверхчистых сред является важной задачей в теории и практике химико-технологического мониторинга на ТЭС и АЭС.

Для подготовки воды необходимого качества использовался универсальный стенд «Установка обратного осмоса и химического обессоливания», разработанный на основе результатов исследований [1].

В состав стенда входит насос исходной (водопроводной) воды; угольный и механический фильтры; мембранный элемент; напорный бак и мембранный клапан; две колонки, заполненные Н-катионитным и ОН-анионитным ионообменными материалами. По ходу движения обрабатываемой воды стенд оснащен задвижками.

Лабораторный стенд «Установка обратного осмоса и химического обессоливания воды» сконструирован с использованием оборудования, предоставленного фирмой «НПК Медиана-фильтр» с возможностью изменения схемы очистки воды и работы в следующих режимах:

- обработка воды по методу химического обессоливания;
- обработка воды по методу обратного осмоса;
- обработка воды по методу двухступенчатого обессоливания.

Данная методика калибровки рН-метров значительно повысит точность проводимых измерений питательной воды энергетических котлов критического и сверхкритического давления, что увеличит эффективность работы систем химико-технологического мониторинга.

Литература

1. Ларин Б.М. Измерения электропроводности и рН в системах мониторинга водного режима ТЭС/ Ларин Б.М., Колегов А.В., Ларин А.Б. –Иваново: ИГЭУ. – 2014.– 332 с.

УДК 504.062:504.45

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА – ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

ХРАМОВА А.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ДРЕМИЧЕВА Е.С.

В связи с увеличением объемов и темпов роста промышленного производства возрастает степень техногенного воздействия на водные объекты как за счет забора воды и планового сброса сточных вод, так и за счет аварийных ситуаций на промышленных предприятиях и водных объектах. Особую остроту вопросы сохранения, охраны и использования водных ресурсов приобретают в таких крупных промышленных регионах как РТ. Несмотря на внедрение ресурсосберегающих мероприятий и усиление контроля качества очистки сточных вод, по данным Министерства экологии и природных ресурсов РТ, происходит неуклонное загрязнение поверхностных и подземных вод. Таким образом, изменение состава природных вод и увеличение содержания в них техногенных примесей уже нельзя игнорировать.

В работе приведен анализ качества поверхностных вод Куйбышевского водохранилища в районе г. Казани за последние пять лет (с 2010 г.) по следующим показателям: ионы меди, нитрит-ионы, БПК₅, нефтепродукты. Анализ проводился по кратности ПДК. Результаты представлены на рис. 1.

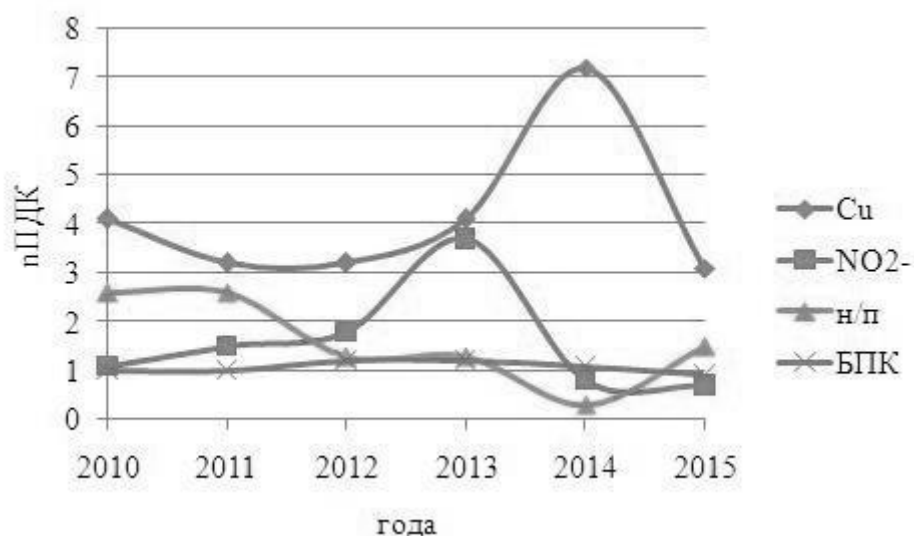


Рис. 1. Величина изменения ПДК примесей воды по годам

Поверхностные воды Куйбышевского водохранилища в районе г. Казань с каждым годом изменяют свой состав. С 2010 г. по качеству эти воды характеризуются как «грязные» (4 «а» класс качества).

Значительная часть загрязняющих веществ поступает в водные объекты также в результате их смыва талыми и дождевыми водами с территорий населенных пунктов, сельскохозяйственных полей, животноводческих ферм. Низкое качество воды может быть вызвано и естественными факторами (геологические условия, питание рек болотными водами с большим содержанием органики и т.п.).

Для предприятий теплоэнергетического комплекса, относящихся к крупным потребителям водных ресурсов, качество исходной природной воды чрезвычайно важно, так как от него зависит надежность и экономичность эксплуатации дорогостоящего теплотехнического оборудования. Основными задачами водоподготовки и рационального водного режима являются предотвращение образования отложений на внутренних поверхностях оборудования и защита конструкционных материалов оборудования от коррозии.

Выбор методов очистки зависит от качества поступающей воды и определяется требованиями к питательной воде.

В результате проведенного анализа сложившейся ситуации можно вычленить единую неразрывную цепочку взаимосвязанных проблем: водоподготовка – очистка сточных вод – воздействие сбрасываемых сточных вод на природные водоемы – забор природных вод их водоподготовка. Следовательно, решение вопросов ресурсосбережения и снижение техногенного воздействия промышленных объектов на окружающую среду необходимо рассматривать в едином контексте.

**СЕКЦИЯ 4. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ,
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ,
НЕТРАДИЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА**

УДК 62-66

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВНЕДРЕНИЯ
ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ
БИОМАССУ**

АЛЕКСЕЕВ А.М., ПГТУ, г. Йошкар-Ола

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ОНУЧИН Е.М.;

д-р техн. наук, профессор СИДЫГАНОВ Ю.Н.

Необходимость автономного энергоснабжения в условиях страны, где до 50 % территории лишено гарантированного электрообеспечения, не вызывает сомнения.

Проведенный анализ показывает, что для большинства потребителей необходимая располагаемая электрическая энергия составляет 500-200 кВт и менее. Указанные параметры определяют выбор диапазона мощностей для разрабатываемых газогенераторных электростанций.

Подготовка генераторного газа к сжиганию в дизеле заключается в охлаждении, очистке от твердых частиц и низкокипящих смол. Существенное снижение содержания смол дает применение нижнего отбора газа из газогенератора, при котором газ проходит через высокотемпературную зону, где осуществляется крекинг смол.

На стоимостные показатели газогенераторных электростанций большое влияние оказывает влажность и дисперсный состав исходного сырья. С увеличением влажности уменьшается теплотворная способность сухого газа, уменьшается КПД установки, с уменьшением фракционного состава топлива повышается интенсивность процесса газификации, изменяется состав и теплотворная способность газа. Степень влияния этих факторов может быть оценена только на основании опытных данных. Кроме указанных факторов, на эффективность работы генераторов оказывают влияние конструктивные характеристики, состав паровоздушной смеси и температура процесса.

Теплота сгорания влажного газа при повышенной влажности древесины, до 65 %, получается очень низкой. Поэтому при использовании влажной древесины необходима подсушка до влажности, близкой к

гигроскопической влажности ($W = 30 \%$). Сушка древесины осуществляется в слоевой сушилке. Физического тепла генераторного газа достаточно для подсушки древесины с влажностью 44,3 %.

Существует вариант использования для подсушки древесины тепла от отходящих газов. С газогенератором тепловой мощностью 3 МВт может работать дизель-генератор с электрической мощностью 1 МВт или два дизель-генератора с мощностью 0,5 МВт. Поскольку температура сушильного агента на входе в слоевую сушилку не должна превышать 200 °С по условиям загорания древесины, а температуру на выходе принимаем равной 100 °С, то КПД сушильной установки равен 50%. Тепла выхлопных газов от двух дизелей мощностью 500 кВт достаточно для подсушки древесины от влажности 55 % до 44,3 %.

Таким образом, физическое тепло генераторного газа и выхлопных газов дизеля можно использовать для подсушки древесины влажностью не более 55 %.

УДК 620.92/533/544/

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗА СЧЁТ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВОК В РЕСПУБЛИКЕ ЙЕМЕН

АЛЬ-КАБИЛЬ Н.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. доцент ЗЫРЯНОВ М.И.

Страна Йемен является одной из тех стран, которые до сих пор страдают от крайней нищеты и низкого уровня жизни во всех отраслях, и в том числе электроэнергетике. Население Йемена составляет больше 26 миллионов человек, 70 % сельского населения и 30 % городского населения. Только 5 % сельского населения и 40 % городского населения получают электроэнергию, то есть больше половины населения не имеют доступа к электроэнергии. Эту проблему невозможно решить, используя ископаемые ресурсы, так как в Йемене состояние традиционной энергетики с годами ухудшается, происходит истощение традиционных ресурсов страны, в частности истощение и снижение запасов природных ископаемых, топлива. За 1994-2017 гг. добыча нефти в Йемене упала более, чем в 13 раз. По словам специалистов, запасов нефти в Йемене хватит не больше, чем на 20 лет. Увеличение добычи топливных природных ресурсов в ближайшее время не прогнозируется, так как в

республике не проводится разведка и разработка новых месторождений нефти. Поэтому возникла необходимость искать другие ресурсы, чтобы производить необходимую мощность.

С другой стороны, Йемен обладает значительным потенциалом в области возобновляемых источников энергии, высокая величина солнечного излучения, протяженная береговая линия со стабильными ветрами и тепловая энергия Земли. Моя работа – это исследование производства электроэнергии за счёт солнечных установок, исследование солнечной радиации и географического положения Йемена.

В работе большое внимание уделено СЭС башенного типа, СЭС с параболоцилиндрическими концентраторами (ПЦК), а также СЭС, использующие фотоэлектрические модули. Работа показала, что все условия для производства электроэнергии в Йемене, используя солнечную энергию, существуют.

Литература

1. Concentrating solar power for the mediterranean region German Aerospace Center (DLR) 2005.

2. توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية في اليمن كخيار إستراتيجي نحو تنمية 3ستدامة, رضوان صبري, 2011

УДК 62-5

ТВЕРДОТОПЛИВНЫЕ ПИРОЛИЗНЫЕ КОТЛЫ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

АМИНОВ Б.А., ШАЙХУТДИНОВ И.З., ЗИАТДИНОВ Р.В., КГЭУ,
г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ДОЛГОВА А.Н.

Целью политики РФ в стратегии развития энергетики до 2030 г. является эффективное использование, как природных энергетических ресурсов, так и потенциала энергетического сектора. Одним из эффективных твердотопливных котлов является пиролизный котел. Его принцип действия основан на разложении твердого топлива на летучие составляющие. Этот процесс осуществляется за счет высокой температуры и дефицита кислорода. В результате получается пиролизный газ.

В настоящее время пиролизные котлы широко используются в системах отопления жилых зданий (частного жилого фонда). В качестве

топлива в основном используются дрова и древесные отходы. В отличие от традиционных твердотопливных котлов в пиролизных котлах горит древесный газ, выделяющийся из дров под воздействием высокой температуры. Во время такого сжигания не образуется сажа и появляется минимальное количество золы. В газогенераторных котлах (котлах с пиролизным сжиганием) древесный газ, возникающий благодаря высокой температуре в бункере топлива, проходит через специальную форсунку и горит очень чистым пламенем желтого или даже почти белого цвета.

Основные достоинства пиролизных котлов перед обычными твердотопливными:

- эффективность – возможность использования тепла, получаемого не только при сжигании дров, но и от выделяющегося при этом газа, что позволяет добиться более высокого КПД (до 85 %), чем у традиционных моделей (60-70 %), вследствие чего они поддерживают необходимую температуру дольше;

- удобство в эксплуатации и обслуживании – время работы на одной закладке может составлять более 8 часов;

- экологичность – минимальное содержание вредных примесей в отработанных газах;

Недостатки:

- высокая стоимость (примерно в 3-4 раза выше, чем у обычных котлов);

- зависимость от электропитания (имеется электрический вентилятор, отвечающий за подачу кислорода);

- зависимость от влажности топливного сырья (чем она выше, тем ниже отдача тепла).

УДК 620.91, 620.92, 911.6

РЕГИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕСУРСОВ БИОЭНЕРГЕТИКИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

АНДРЕЕНКО Т.И., РАФИКОВА Ю.Ю., МГУ им. М.В. Ломоносова,
г. Москва

Науч. рук. канд. биол. наук, доцент АНДРЕЕНКО Т.И.

Развитие сельского хозяйства сопровождается образованием значительного количества отходов, нуждающихся в переработке. Реализация принципов рационального природопользования в этой сфере

возможна путем использования отходов для получения тепловой, электрической энергии, а также жидкого и газообразного топлива. Кроме того, этот подход позволяет минимизировать воздействие на окружающую среду.

Мировая практика показывает, что использование отходов производства и потребления во многих случаях способно рентабельно обеспечить энергией районы, удалённые от централизованного энергоснабжения и рекреационные области, в которых использование традиционных источников энергии невозможно или нежелательно. Для своего развития биоэнергетика нуждается в надёжных ресурсных оценках и прогнозах. В России в последние десятилетия выполнен ряд работ в этом направлении.

На основе методик, представленных в работах [1,2], авторами был проведен региональный анализ ресурсов биоэнергетики Волгоградской области. В качестве ресурсов рассматривались отходы растениеводства основных культур, выращиваемых в регионе: зерновых, подсолнечника, овощей и картофеля. Кроме того, были рассмотрены отходы таких направлений животноводства, которые технологически реально собрать и перерабатывать: крупного рогатого скота, свиноводства, птицеводства.

Была выявлена неравномерность распределения различных типов отходов биомассы, что связано с природно-климатическими условиями, особенностями землепользования, спецификой распределения населения. При этом значительное число северных и западных районов области обладают большим энергетическим потенциалом отходов растениеводства, зерновых культур и подсолнечника, а Городищенский, Светлоярский, Быковский, Ленинский и Среднеахтубинский районы – отходов картофеля и овощей (рис. 1). Центральные, восточные и юго-восточные районы и области характеризуются значительным энергетическим потенциалом отходов животноводства.

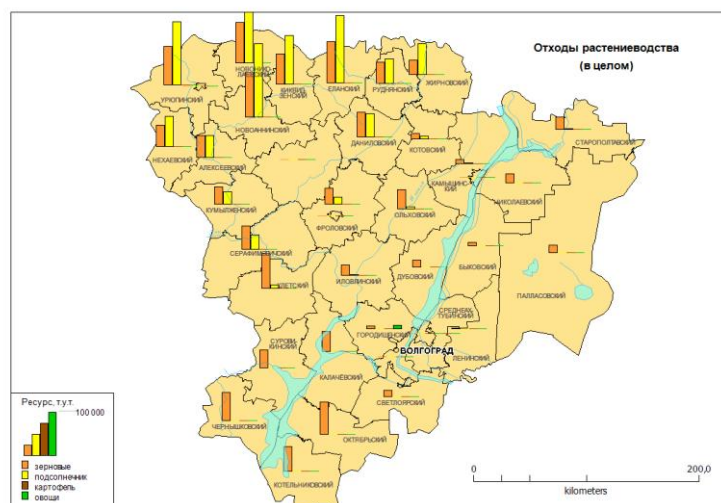


Рис. 1. Распределение валового энергопотенциала отходов растениеводства на территории Волгоградской области

Всё это позволяет заключить, что количество отходов сельскохозяйственного производства Волгоградской области может стать надежным источником для производства тепловой и электрической энергии.

Литература

1. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатели по территориям). Под ред. Безруких П.П. – М.: «ИАЦ Энергия», 2007. – 272 с.
2. Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России: науч. издание / Т. И. Андреевко, Т. С. Габдерахманова, О. В. Данилова и др. – РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 2015. – С. 160.

УДК 628.16

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ МЕТОДОВ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РТ

АРСЛАНОВ А.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ДОЛГОВА А.Н.

Запасы природных вод РТ, их качество являются жизне- и средообразующей составляющей, определяющей социальное,

экономическое и экологическое благополучие. Общая площадь водной поверхности республики составляет 4,4 тыс. км², или 6,4 % всей территории, характеризуется хорошо развитой речной сетью.

Для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения должны использоваться защищенные от загрязнения и засорения поверхностные и подземные водные объекты. На сегодняшний день около 80 % поверхностных и 20 % подземных источников воды требуют предварительной очистки, прежде чем использовать ее для хозяйственно-бытового назначения. Одна из главных проблем – это качество воды.

Одной из основных причин загрязнения поверхностных вод РТ является неудовлетворительное состояние очистных сооружений. В республике эксплуатируется более 120 сооружений по очистке сточных вод (116 из которых эксплуатируются для очистки хозяйственно-бытовых стоков) общей мощностью около 800 млн. м³/год и около 40 объектов производительностью до 90 млн. м³/год находятся в стадии проектирования и строительства.

Качество воды хозяйственно-бытового назначения оставляет желать лучшего во всех районах Казани. Основным водным источником г. Казани является река Волга, качество которой с каждым годом ухудшается, т.к. осуществляется сброс недостаточно очищенных производственных и хозяйственных стоков.

Волжский водозабор МУП «Водоканал» производит очистку 550 тысяч кубометров воды в сутки, ее качество на выходе соответствует нормам ПДК. Водозабор уже давно требует капитальной реконструкции, которой не было с 1937 года, со дня основания. Устарели и методы очистки воды, сегодня необходимы более мощные и современные технологии.

На МУП «Водоканал» г. Казани подготовка (очистка) воды проходит в несколько этапов, с применением механического, физико-химического методов очистки и химического метода обеззараживания воды. Последний этап обеззараживания воды был модернизирован. Ранее вода обеззараживалась при помощи хлорирования жидким хлором. В 2014 году построена электролизная станция и начали применять новую технологию обеззараживания воды без использования концентрированного хлора. На данной станции используется обычная поваренная соль, из которой путём электролиза производится реагент для обеззараживания воды – гипохлорит натрия. Этот способ показывает хорошие результаты и является более безопасным, к тому же он зарекомендовал себя с положительной стороны

в течение нескольких лет применения в других городах республики, например, в Альметьевске и Набережных Челнах. До этого Санкт-Петербург был первым мегаполисом в России, полностью отказавшимся от использования жидкого хлора при обеззараживании воды и использует гипохлорид натрия.

Достаточно остро стоит вопрос с водой хозяйственно-бытового назначения и в ряде населенных пунктов РТ. Ранее при разработке и добычи нефти произошло загрязнение водоносных слоев. Загрязнение коснулось Альметьевского, Бавлинского, Ютазинского, Бугульминского, Азнакаевского и других районов юго-востока республики.

На сегодняшний день восстанавливаются некогда порушенные родники, по мере возможности возвращают плодородие землям, внедряются в практику самые передовые природоохранные технологии. Например, в Азнакаевском районе (вода сюда поступает из Камы) появилась единственная в Татарстане и пятая в России уникальная станция озонирования воды (она введена в эксплуатацию в 2004 году).

Также стоит учесть, что применяемые в настоящее время методы очистки воды обладают рядом существенных недостатков: хлорирование не уничтожает гельминты, споры и вирусы; озонирование требует значительного расхода электроэнергии, связанного с предварительной подготовкой воздуха: очисткой, охлаждением, осушкой и т.д. На сегодняшний день имеется принципиально новый метод очистки и переработки сточных вод (электронно-лучевая технология), который необходимо реализовать на предприятиях водоканалах России. В основе метода лежит воздействие пучка ускоренных электронов на водный раствор, генерируемых ускорителями электронов. Основными достоинствами указанной технологии по сравнению с существующими являются: экологическая чистота и безопасность; комплексный характер воздействия на обрабатываемые водные растворы; низкий уровень затрат; высокие скорости процесса обработки. Опытная установка для очистки и обеззараживания бытовых сточных вод на базе импульсного сильноточного ускорителя электронов на компрессорной станции уже разработана и применена в городе Томске.

Разработанные в России основные электронные ускорители непрерывного типа, применяемые в промышленных установках очистки сточных вод, эффективно работают в Южной Корее, Индии. Выгода применения данных разработок в качестве канализационно-очистного оборудования очевидна. Этим обеспечивается рациональное промышленное и экологически безопасное природопользование. Главное

препятствие на пути реализации данного проекта в России – негативное общественное мнение по отношению к атому.

УДК 535-15

ИЗУЧЕНИЕ ИК-ОТРАЖАЮЩЕЙ И СВЕТОПРОПУСКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФОЛЬГОИЗОЛА

АСТРАХАНОВ М.В., ЛОЗИНОВА Л.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, профессор КЛЮЧНИКОВ О.Р.

В продолжение ранее проведенных исследований был разработан более компактный и мобильный стенд по определению сравнительной ИК-отражающей способности материалов.

По имеющейся методике, при использовании стенда были проведены сравнения двух, визуально не имеющих отличия фольгированных вспененных полиэтиленов на ИК-отражающую способность. В каждом эксперименте проводились замеры фонового излучения (среднее значение которого составило $24,5 \text{ Вт/м}^2$) и замеры теплового потока при включенной лампе накаливания. После серии экспериментов были вычислены величины отраженного теплового излучения, которые равны разности теплового потока при включенной лампе накаливания и фонового излучения. Полученные данные ИК-отражательной способности покрытий следующие: фольгоизол 1* – $4,1 \text{ Вт/м}^2$; фольгоизол 1** – $4,0 \text{ Вт/м}^2$; фольгоизол 2* – $5,6 \text{ Вт/м}^2$; фольгоизол 2** – $3,9 \text{ Вт/м}^2$; алюминиевая фольга – эталон – $6,1 \text{ Вт/м}^2$ (* - замер проводится со стороны фольги, ** – замер проводился со стороны полиэтилена).

По результатам эксперимента можем сделать вывод, что второй образец фольгоизола имеет большую ИК-отражающую способность и является более эффективным энергосберегающим материалом.

Встречным экспериментом для определения качества фольгоизола мы определяли светопропускающую способность двух образцов при помощи лампы накаливания мощностью 1 Вт (карманного фонаря) и пульсметра-люксметра ТКА-ПКМ. Результаты эксперимента следующие: фольгоизол 1 - 371,2 лк; фольгоизол 2 - 28,2 лк.

Данный эксперимент показал большое светопропускание первого образца, что на наш взгляд связано с низким качеством образца и тонким слоем алюминиевой фольги.

Выводы:

На основе полученных данных проведенных экспериментов рекомендуем:

- теплоизолировать трубы, ограждающие конструкции и т.п. фольгированной основой к теплой стороне источника теплоотдачи;
- при выборе теплоизолирующих материалов данного вида возможен экспресс-анализ качества фольгоизола, при неимении указанных приборов проверять материал на просвет направленным источником света.

УДК 535-15

ИССЛЕДОВАНИЕ ИК-ОТРАЖАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МАТЕРИАЛОВ И ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИНОВЫХ ПОКРЫТИЙ

АСТРАХАНОВ М.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор КЛЮЧНИКОВ О.Р.

Изучение ИК-отражающей способности материалов и покрытий позволяет более полно судить об их теплоизоляционных свойствах. В продолжение ранее проведенных исследований нами разработан более компактный и мобильный стенд по определению сравнительной ИК-отражающей способности материалов.

Методика проведения экспериментов следующая.

Включается радиометр «Аргус-03» и выдерживается в течение 3-5 минут до приобретения датчика температуры окружающей среды, измеряется фоновое излучение окружающей среды по показаниям «Аргус-03», устанавливается исследуемое покрытие, включается лампа накаливания и через 5 секунд записывается показание радиометра, после чего лампа выключается, измерения проводятся 3 раза. В качестве эталона ИК-отражающей способности покрытий берется полированная алюминиевая фольга.

По данной методике при использовании стенда были проведены сравнения ряда покрытий на ИК-отражающую способность. В качестве основы для нанесения покрытий были использованы листы гипсокартона. Исследовались тонкопленочные резиновые покрытия (ТРИ) без наполнителя, с наполнителями – алюминиевой пудрой, титановыми белилами, а также жидкокерамическое покрытие (ЖК-покрытие) «Теплосил» и гипсокартон, покрашенный черной краской, типа «Лакра». После серии экспериментов полученные данные ИК-отражательной

способности покрытий за вычетом фонового излучения, который на момент проведения измерений составил $27,2 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$ оказались следующими: алюминиевая фольга – эталон – $6,1 \text{ Вт/м}^2$; ТРП с титановыми белилами – $3,6 \text{ Вт/м}^2$; покрытие «Теплосил» – $3,2 \text{ Вт/м}^2$; ТРП с алюминиевой пудрой – $2,1 \text{ Вт/м}^2$; гипсокартон – $2,0 \text{ Вт/м}^2$; ТРП – $1,9 \text{ Вт/м}^2$; гипсокартон с черной краской «Лакра» – $0,6 \text{ Вт/м}^2$.

В ряду исследованных покрытий лучший результат по ИК-отражающей способности был обнаружен при использовании тонкого резинового покрытия с наполнителем из титановых белил.

УДК 621.311.031

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНОГО ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

АФОНИН Д.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент АХМЕРОВ А.В.

До недавнего времени вопросы защиты электрооборудования от импульсных перенапряжений рассматривались применительно к оборудованию среднего и высокого класса напряжений. Был разработан ряд нормативно-технических документов, изучены вопросы защиты различных объектов от прямого удара молнии. Однако стремительное увеличение количества электрооборудования низкого напряжения, электронной аппаратуры нового поколения с низкой устойчивостью к воздействию электромагнитных помех приводит к увеличению аварийных случаев[2].

В последние годы в нашей стране были проработаны и дополнены многие нормативно-технические документы и стандарты в области защиты электрооборудования от импульсного перенапряжения. Но в перечисленных документах недостаточно внимания уделяется практическим рекомендациям по монтажу и выбору защиты низковольтных электроустановок от импульсных перенапряжений[3].

Целью работы является создание практических рекомендаций по выбору наиболее эффективных устройств защиты от импульсного перенапряжения (УЗИП) на стадии проектирования электроустановки.

Нами был проведён обзор ограничителей, применяемых на сегодняшний день. Были выявлены достоинства и недостатки каждого типа ограничителей[1,4].

В работе была рассмотрена динамическая модель варисторного УЗИП, в которой учитываются как статические характеристики, так и динамические свойства. Было выяснено, что для более точного математического описания переходных процессов варистора в модель необходимо ввести ряд дополнений: инерционность работы, тепловое действие тока, физическое разрушение. Применение динамической модели позволяет повысить достоверность полученных результатов, оптимизировать места установки ограничителей, более точно подобрать их типы и параметры.

На основании полученной модели, а также изучив нормативные документы российских и зарубежных стандартов по защите низковольтных электроустановок от импульсного перенапряжения, был составлен ряд рекомендаций по практической установке и эксплуатации УЗИП.

Итогом работы стало создание алгоритма для первичного выбора ограничителей на стадии проектирования электроустановки.

Литература

1. Бохан А.Н. Применение ОПН для защиты от внутренних перенапряжений в сетях 6–10кВ / А. Н. Бохан, В. В. Кротенок // Энергетика. – 2005. – № 5. – С. 39–46.

2. Кужекин И.П. Основы электромагнитной совместимости современного энергетического оборудования [Текст]: учеб. пособие / И.П. Кужекин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 144 с.: ил.

3. Сливкин В.Г. Электромагнитная совместимость электрооборудования информационных технологий при воздействии импульсных электромагнитных помех. // Дис. канд. тех. наук. – Самара, 2008. – 152 с.

4. Roland Calvas. Les perturbations électriques en BT. // Cahier Technique Schneider Electric. 2001.№ 141. – 32 p.

УДК 621.671

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

**БАХТИН Н. А., ТАКМОВЦЕВ В.В., ГАЛКИН И.С., КНИТУ-КАИ,
г. Казань**

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ИЛЬИНКОВ А.В.;
д-р техн. наук, профессор ЩУКИН А.В.

В центробежных насосах и других агрегатах типа лопаточных машин в качестве рабочего тела используются различные жидкости или газы. При функционировании лопаточных машин возникает проблема обеспечения надежности, эффективности и заданного ресурса работы системы уплотнений. Они исключают или ограничивают проникновение жидкостей, газов или твердых частиц (например, атмосферной пыли) через соединения подвижных и неподвижных деталей.

Нарушение надежной работы уплотнения даже в одном соединении лопаточной машины может привести к потерям жидкости или повышенным утечкам воздуха или газа. В результате нарушается работа триботехнической системы или системы охлаждения. Завершающий этап этого процесса – возможный выход из строя всей лопаточной машины в целом.

Несколько лет назад авторами доклада были выполнены эксперименты по исследованию щелевых уплотнений серийного центробежного насоса, используемого для перекачки воды. На цилиндрическом участке покрывного диска рабочего колеса центробежного насоса наносилась система сферических выемок. Сравнительными исследованиями был установлен факт повышения эффективности таких уплотнений по сравнению с гладким щелевым радиальным уплотнением до 6 %. На предложенную конструкцию щелевого уплотнения был получен патент РФ № 143486.

Для исследования возможностей дальнейшего повышения эффективности щелевых уплотнений путем нанесения на цилиндрическую поверхность системы сферических выемок была изготовлена и отлажена экспериментальная установка (рис.1). Она включала в себя цилиндрический ротор на двух опорах со сферическими выемками, корпус, электропривод с изменяемой частотой вращения ротора, водяной насос

или компрессор (в зависимости от исследуемой среды), систему измерений режимных параметров и персональный компьютер.

Численные значения относительной глубины выемок составляли: $(h/d) = 0,125; 0,25; 0,5$. Относительная величина радиального зазора $(H/d) = 0,06$. Общий вид ротора с выемками представлен на рис. 2.

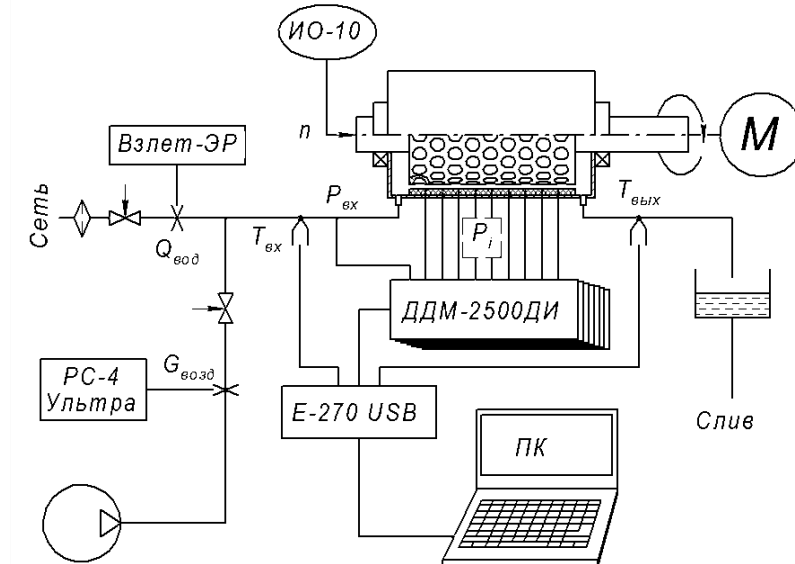


Рис. 1. Схема экспериментальной установки



Рис. 2. Объект исследования – ротор со сферическими выемками на его цилиндрической поверхности

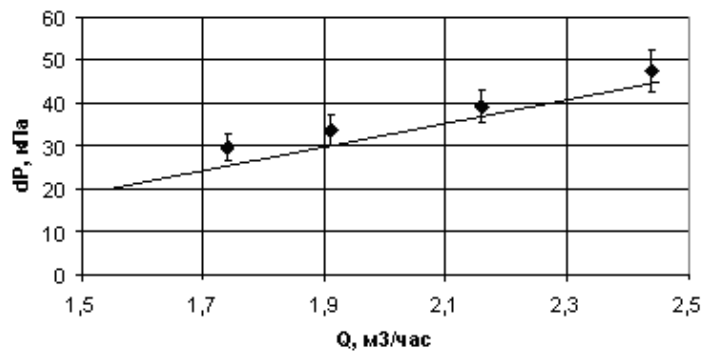


Рис. 3. Расходные характеристики щелевого уплотнения с гладким неподвижным ротором: значки – эксперимент; линия – расчет по формуле Блазиуса

Тестовые опыты на изготовленной установке проводились на гладком застопоренном роторе. Как видно из рис. 3, полученные опытные данные удовлетворительно (с относительной погрешностью, не превышающей $\pm 4\%$) согласуются с результатами расчетов по формуле Г. Блазиуса для неподвижного щелевого канала.

УДК 621.31:004

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ОПТОВОМ РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

БИЛАЛОВА А.И., УлГТУ, г. Ульяновск
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ДОМАНОВ В.И.

Прогнозирование потребления электроэнергии и мощности отдельными участниками оптового рынка электроэнергии и мощности важно не только для всей энергосистемы в целом, но и для отдельного предприятия, и даже для его цехов и участков. Формирование универсального аппарата моделирования и прогнозирования электропотребления и мощности для различных уровней иерархии промышленных предприятий позволило бы сократить расходы на оплату электроэнергии при покупке ее на оптовом и розничном рынках электроэнергии и мощности, качественно определить влияние различных технологических условий и факторов производства на электропотребление или мощность нагрузки, выбрать наиболее эффективные стратегии энергосбережения и направления мероприятий по экономии электрической энергии.

Одним из важнейших показателей при планировании является уровень ожидаемого электропотребления в целом по энергообъединению и группам. Необходимость точного прогнозирования потребления электроэнергии обусловлена технологическими и экономическими причинами. Ошибка прогнозирования снижает качество управления и экономичность режимов энергосистем. Заниженный прогноз приводит к необходимости использования дорогостоящего аварийного оборудования. Завышенное предсказание приводит к увеличению издержек на поддержание в рабочем состоянии излишних резервных мощностей.

Оценочные расчеты, проводимые ОАО «ВНИИЭ» для энергосистем России с уровнем месячного потребления около 1500 млн кВт*ч, показали, что улучшение качества прогнозирования только месячного потребления на 0,1 % способно в настоящее время снизить затраты на оплату отклонений от плана по поставкам электроэнергии на 3-5 млн руб. в год.

Решением задачи обеспечения поступления электроэнергии на жизненно важные объекты является прогнозирование потребления электроэнергии. Как правило, специалисты знают о потенциальных возможностях электросетей и информации о потреблении им будет достаточно для предсказания экспертным путем возможных поломок. Этот путь требует незначительных финансовых затрат или значительного времени на сбор репрезентативных выборок. Информация, необходимая для прогнозирования, как правило, собирается датчиками на электростанции или коммунальными службами. Данный подход дает менее стабильные результаты, но они проявляются в значительно более короткий период времени.

Процесс составления прогноза можно разделить на три этапа:

- составление исходной базы данных;
- выполнение математических вычислений (собственно прогнозирование);
- анализ результатов (определение ошибок).

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

- использование в качестве исходной базы метеофакторов позволяет сформировать модели прогнозов с высокой точностью;
- увеличение сложности модели снижает ошибку прогнозирования приблизительно на 8 % на каждой ступени сложности, для максимальной ошибки – приблизительно на 15-20 %.

УДК 620.92

НЕОБХОДИМОСТЬ АДАПТАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ К РАБОТЕ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО КЛИМАТА

БОДРОВА Е.С., КАРАВАЕВА О.А., ЮУрГУ (НИУ), г. Челябинск
Науч. рук. д-р техн. наук, профессор СОЛОМИН Е.В.

Солнечная энергетика является одним из наиболее перспективных направлений. Солнечную энергию можно считать первичной энергией для жизни на Земле: ее история начинается с VII века до н.э. Человек начал

использовать солнечные лучи совместно со стеклами и зеркалами, чтобы разжечь огонь или нагреть воду. Сегодня же производство солнечных батарей как никогда актуально: они выступают в качестве источников энергии в широком спектре областей (в телекоммуникационной, космической отраслях, медицине, связи, микроэлектронике и т.п.).

В настоящее время солнечные батареи используются в основном в условиях умеренного или тропического климатов, не знакомых с проблемой снежных осадков или наледи на поверхности батареи.

Арктический климат формируется в связи с низкими температурами высоких широт, сильным лучеиспусканием снежно-ледяного покрова, длительной полярной ночью и с отражением тепла в светлое время от снега и льда. Средние месячные температуры ниже 0 °С. В период полярного дня наблюдается большой приток солнечной радиации. Годовая сумма атмосферных осадков (снег или мелкие частички ледяного тумана) – 100-500 мм.

Необходимость адаптации солнечных батарей (СБ) к условиям арктического климата доказана при анализе рассматриваемых научных статей:

- длительное наличие снежного покрова не позволяет эффективно реализовать возможности СБ в соответствии с их паспортными характеристиками: накопление снега на панели приводит на практике к созданию «теневого эффекта» и прекращению выработки энергии;

- в ясные дни освещенность за счет рассеяния снегом возрастает до двух раз по сравнению с освещением батареи только прямыми лучами.

Обоснование необходимости адаптации солнечной батареи к работе в условиях арктического климата заключается во внедрении и распространении использования солнечной энергии в новые регионы страны; создании научно-технических основ для производства автономных гибридных энергокомплексов на возобновляемых источниках энергии, адаптированных к плохим погодным условиям и особенностям арктического климата (снег, наледь, отрицательные температуры окружающей среды).

УДК 621.355

ГРАФЕНОВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ В ПЕРСПЕКТИВЕ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

ГАЛИУЛЛИН Д.Р., ПАСЕЧНИК С.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЛИТВИНЕНКО Р.С.

В наше время производство электромобилей набирает обороты, ведь этот вид транспорта не загрязняет окружающую среду и производит меньше шума, по сравнению с обычными автомобилями. Конечно, электромобили имеют ряд недостатков: долгое время зарядки и малый запас хода. Слабые тяжелые аккумуляторы – основная проблема современной техники. Отсутствие легких мощных и емких батарей является причиной слишком медленного внедрения в массовое производство электротранспорта, в том числе воздушного, робототехники, носимой электроники и т.д.

С этими проблемами сможет справиться новый графеновый аккумулятор, который был создан компаниями Graphenano и Grabat Energy вместе с учеными из университета Кордобы.

Новый аккумулятор может оказать огромное влияние на мировой рынок. Графеновый аккумулятор намного лучше литий-ионного. Прежде всего он может заряжаться за треть времени от продолжительности зарядки обычного Li-ion, а в режиме быстрой зарядки – всего за пять минут. Но, главное, удельная емкость нового аккумулятора составляет 1000 Вт*ч/кг при напряжении 2,3 В. Для сравнения у обычных литий-ионных аккумуляторов этот показатель приблизительно равен 200 Вт*ч/кг.

Благодаря высокой удельной емкости, стокилограммовая графеновая батарея обеспечивает пробег в 800 км. Этого более чем достаточно для компактного городского автомобиля. Если использовать новый аккумулятор в электромобиле Tesla Model S, пробег на одном заряде увеличится с 334 до 1013 км. Для Nissan Leaf – с 250 до 546 км. При этом графеновый аккумулятор намного безопаснее литий-ионного, поскольку не склонен к возгораниям и взрывам.

УДК 62-176.2

ПУТИ РАЗВИТИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИНАРНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

ГАФУРОВ А.М., КГЭУ; ГАФУРОВ Н.М., ГАТИНА Р.З., КНИТУ,
г. Казань

Развитие альтернативной энергии в России на возобновляемых источниках энергии имеет свои особенности. К примеру, развитие ветроэнергетики ограничивается не постоянством скорости ветра (от 3 до 15 м/с) в зависимости от погодных условий, дороговизной установки ветрогенераторов и их обслуживанием. Применение гелиоэлектростанций ограничивается интенсивностью солнечного излучения в зависимости от времени года, суток и метеоусловий, неэффективностью в ночное время суток. Наиболее востребованным для российских широт остается развитие геотермальной энергетики. Основным недостатком геотермальных электростанций (ГеоЭС) является низкий эффективный КПД станции (не превышает 20 %) по сравнению с традиционными тепловыми электростанциями (40-42 %). Однако на ГеоЭС сосредоточены огромные запасы низкопотенциальной теплоты, которые в настоящее время неэффективно используются, т. к. малоизучены процессы использования низкотемпературных (низкопотенциальных) источников теплоты для эффективной выработки электроэнергии.

Геотермальная энергетика – самая перспективная отрасль энергетики, особенно это касается России. Согласно прогнозам специалистов, объемы тепловой энергии Земли, сконцентрированные под толщей земной коры в 10 км, в 50 тысяч раз превышают объемы энергии всех мировых запасов углеводородов – нефти и природного газа. Поэтому поиск новых решений в эффективном использовании низкопотенциальной теплоты на ГеоЭС для выработки электроэнергии позволит в будущем повысить эффективный КПД станции и возможность конкурировать с традиционными тепловыми электростанциями.

Исходя из зарубежного опыта эксплуатации и представленных отечественных разработок бинарных энергоустановок, рынок пока не может предложить эффективных решений в утилизации низкопотенциальной теплоты с температурой ниже 80 °С. В основном это связано с тем, что в зарубежных источниках информация об

эффективности различных бинарных энергоустановок имеет ограниченный характер, так как данное направление новое, и каждая компания или научный коллектив стремится сохранить здесь свой приоритет и конфиденциальность информации.

В 2015 г. организацией ФГБОУ ВО «КГЭУ» было получено патенты, авторами которых являются Гафуров А.М. и Гафуров Н.М., на способ работы тепловой электрической станции с бинарным циклом по утилизации сбросной низкопотенциальной теплоты с температурой ниже 80 °С. Были предложены эффективные решения по выработке электроэнергии за счет утилизации низкопотенциальной теплоты конденсации отработавшего в турбине пара с температурой ниже 50 °С при определенных внешних условиях окружающей среды. Данные разработки позволяют применять бинарные энергоустановки на низкокипящих рабочих телах при более низких температурах, чем существующие и проектируемые бинарные энергоустановки для ГеоЭС. В качестве оптимального низкокипящего рабочего тела предлагается использование сжиженного углекислого газа CO_2 или пропана C_3H_8 .

В северных районах Дальнего Востока, и особенно на Камчатке и Курильских островах, достаточно подземных источников теплоты для того, чтобы полностью обеспечить теплом и электроэнергией большие районы. Возможность использования различных температурных режимов и климатических условий окружающей среды, позволяет эффективно производить электроэнергию с помощью бинарных энергоустановок на CO_2 и C_3H_8 .

Температурный диапазон использования сжиженного газа CO_2 в качестве низкокипящего рабочего тела в тепловом контуре бинарного цикла ограничивается показателями критической температуры в 31 °С и температурой в тройной точке минус 56,56 °С. Поэтому использование сжиженного газа CO_2 в температурном диапазоне от 60 °С до минус 55 °С позволит обеспечить приемлемые давления контура циркуляции теплового двигателя и затраты на его сжатие.

Температурный диапазон использования сжиженного газа C_3H_8 в качестве низкокипящего рабочего тела в тепловом контуре бинарного цикла ограничивается показателями критической температуры в 96,7 °С и температурой насыщения при давлении не менее 0,1 МПа. Поэтому использование сжиженного газа C_3H_8 в температурном диапазоне от 100 °С до минус 42 °С позволит исключить проблемы создания вакуума и обеспечения прочности, и герметичности трубопроводов и арматуры.

УДК 629.063.2

АВТОНОМНОЕ ГАЗОСНАБЖЕНИЕ КОТТЕДЖНОГО ПОСЕЛКА

ГИНИЯТОВ А.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ВАНЬКОВ Ю.В.

Целью данной работы является рассмотрение применения автономного газоснабжения в условиях невозможности подключения газа к магистральному газопроводу ввиду большой удаленности.

Приведено описание конструкции газгольдера, ее составных частей, а также схема газоснабжения частного дома. Рассматриваются основные принципы работы системы.

Была рассмотрена монтажная схема газгольдера с учетом требований СНиП. Приведены основные качества предложенной схемы газоснабжения, ее преимущества. Был произведен ориентировочный расчет потребления сжиженного газа в зависимости от отапливаемой площади.

Владельцы домов, у которых установлено автономное газоснабжение в индивидуальном порядке, дополнительно могут установить телеметрическую информационную систему (ТИС). Это устройство позволяет контролировать уровень газа в газгольдере на расстоянии (с помощью радиопередачи), подключаться к газовым счётчикам и приостанавливать подачу газа (при наличии связи с диспетчерским пультом).

Другим достоинством автономного газоснабжения является то, что при использовании СУГ отсутствует зола, сажа, окислы серы и запахи. Все газы или иные виды топлива, которые используются для автономной газификации, полностью соответствуют всем требованиям экологического надзора.

В настоящее время автономная газификация остается наиболее популярным способом решения таких проблем как электроснабжение, отопление в домах, кондиционирования и горячего водоснабжения [1, 2]. В начальный момент автономная газификация требует предварительных затрат, а срок гарантии на автономную газификацию составляет около тридцати лет. Стоимость монтажа автономного газоснабжения с учетом земляных работ составляет в среднем 1800 руб за 1 м² дома. Окупаемость автономной газификации происходит буквально за 6 месяцев.

Проблема отопления и горячего водоснабжения частных домов заставляет владельцев изыскивать наиболее доступные и эффективные

способы обогрева в холодное время года. Для снижения годовых затрат на отопление в индивидуальных домах устанавливают дровяные или комбинированные агрегаты. Но, стоимость твердого топлива достаточно высока [4]. Также для использования дровяного отопления необходимо иметь место для их хранения, поддерживать минимальную влажность, иначе горения может и не произойти. Ответвление среднего давления от магистрального газопровода тянуть тоже дорого, могут присутствовать проблемы с низким давлением газа на ответвлении.

Система автономного газоснабжения успешно решает вопрос подведения коммуникаций. Приобретая собственный источник энергии, домовладелец оказывается полностью независимым в выборе места для постройки дома. И делать этот выбор может без всякой оглядки на потенциальную возможность или принципиальную невозможность подведения трубопровода к выбранной им точке на карте. Также частный дом будет застрахован от возможного падения давления в магистральной газовой сети.

Таким образом, рассматривается вопрос об организации автономного газоснабжения с целью газификации дома независимости от ее расположения по отношению к магистральному газопроводу.

Литература

1. Бадагуев Б.Т. Газовое хозяйство. М.: Альфа-Пресс, 2013. – 232 с.
2. Гольянов А.И. Газовые сети и газохранилища. Уфа: Изд-во Монография, 2004. – 303 с.
3. Ионин А.А. Газоснабжение. М.: Стройиздат, 1989. – 489 с.
4. Бузырев В.В. Экономика строительства. Санкт-Петербург: Лидер, 2009. – 410 с.

УДК 543.054.2

ОЦЕНКА СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

ГИНИЯТОВА Л.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор НОВИКОВ В.Ф.

Как известно, органические растворители при их использовании в колоночной хроматографии выполняют транспортную функцию, а также участвуют в сорбционных процессах, которые приводят к эффекту

разделения веществ на индивидуальные компоненты или группы соединений. К одной из основных характеристик растворителя относится хроматографическая активность, которая определяется его термодинамическими свойствами. Она, как правило, характеризует интенсивность различных по природе межмолекулярных взаимодействий в системе сорбант-сорбент. Часто элюирующую способность растворителей характеризуют энергией его поляризации по отношению к энергии поляризации углеводородов, например, пентана.

Наряду с хроматографической активностью важными характеристиками являются и другие свойства, которые определяют применение их в конкретных случаях. Например, о совместимости растворителя с различными датчиками и детекторами можно судить по экспериментальным данным по границе светопропускания в ультрафиолетовой области спектра и показателю преломления. При выборе подходящего для колоночной хроматографии растворителя необходимо учитывать его вязкость при рабочей температуре колонки, которая должна быть не выше 0,4-0,5 сП, а также температуру кипения, так как желательно использовать легколетучие вещества. Кроме того, смешивание растворителей с сильно различающимися по полярности свойствами при проведении процесса хроматографирования может привести к расслоению подвижной фазы. Нежелательно присутствие в неполярных растворителях примесей полярных соединений и воды, так как они деактивируют сорбент, что приводит к искажению результатов хроматографического анализа.

Для оценки сорбционных свойств органических растворителей нами использовались сорбенты, приготовленные на основе цеолитсодержащих пород Татарско-Шатрашановского месторождения.

УДК 536.24

ГИДРОДИНАМИКА ОБТЕКАНИЯ ДИФфузорной ВЫЕМКИ ОТРЫВНОГО ТИПА

**ГИРФАНОВ А.М., ТАКМОВЦЕВ В.В., ПЕШКОВ Д.К., КНИТУ-КАИ,
г. Казань**

Научн. рук. д-р техн. наук, профессор ЩУКИН А.В.;
канд. техн. наук, доцент ИЛЬИНКОВ А.В.

Совершенствование рабочих процессов охлаждения теплонапряженных деталей газотурбинных установок и двигателей, повышение их энергоэффективности связано со снижением затрат энергии

на перемещение охладителя по трактам этих деталей и других узлов энергооборудования. Существует класс пристенных интенсификаторов, выполненных в виде выемок, которые позволяют повысить теплоотдачу интенсификацией процессов конвективного переноса теплоты в пристенной области.

Коллектив авторов настоящего доклада запатентовал в 2015 году (RU № 2569540) двухполостную диффузную выемку (ДДВ), позволившую превзойти по тепловой эффективности известные пристенные интенсификаторы теплообмена, обеспечив прирост теплоотдачи в 3,5–3,8 раза по сравнению с гладким каналом. Поскольку значение энергоэффективности $(Nu/Nu_{г\lambda})Re/(\xi/\xi_{г\lambda})Re$ в этом случае составила 0,8...0,9, то для ее повышения требуется оптимизация предложенной схемы.

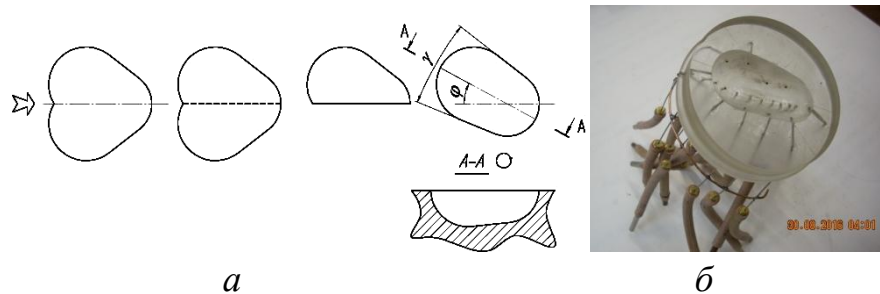


Рис. 1. Выемки отрывного типа: *а* – схема образования упрощенного аналога модели ДДВ; *б* – общий вид модели выемки

Отметим, что дополнительное повышение теплоотдачи в матрице ДДВ, по сравнению со сферической выемкой отрывного типа связано с интенсификацией крупномасштабных вихревых структур и с организацией диффузного возвратного течения в них.

Варьируемыми геометрическими параметрами в опытных исследованиях являлись угол раскрытия диффузора γ и угол установки диффузной выемки φ . Угол раскрытия диффузора γ в моделях в плане составлял 20, 25 и 30 градусов, для данной поверхности $\gamma/2 = 10, 12,5$ и 15 градусов; угол установки модели φ , который обеспечивался поворотом цилиндрического основания модели вокруг своей оси, изменялся в диапазоне от 0 до 60 градусов. Из режимных параметров варьировалось число Рейнольдса Re , рассчитанное по гидравлическому диаметру выемки $d_{г} = 4f/\Pi$, где f – площадь выемки в плане (в плоскости исходно гладкой поверхности), Π – периметр контура выемки в этой же плоскости. Режим обтекания выемки – турбулентный.

Опыты проводились на установке, опытный участок которой имел поперечное сечение 140x80 мм. Перед опытным участком и за ним

располагались ресиверы. К выходному ресиверу подсоединялась воздуходувка, работающая на всасывание. Изменением положения перепускных окон варьировалась скорость потока в опытном участке от 0,5 до 17 м/с.

На нижней стенке опытного участка размещался объект исследования – модель диффузорной выемки отрывного типа. На поверхности полости модели выемки, установленной на нижней стенке канала, расположены 19 датчиков статического давления, а на исходно гладкой поверхности за выемкой – 14 датчиков.

В докладе обсуждаются результаты сравнительного исследования влияния геометрических и режимных параметров диффузорной выемки отрывного типа в диапазоне изменения чисел Рейнольдса в диапазоне $Re_d = (3,2 \dots 7,7) \cdot 10^4$. Получено, что как угол раскрытия диффузора, так и положение выемки относительно направления внешнего потока влияют на распределение статического давления на поверхности выемки. При этом изменяется и интенсивность самоорганизующейся крупномасштабной вихревой структуры, влияющей на уровень конвективного теплообмена в матрице с ДДВ.

УДК 674.04

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОЗАТРАТ НА СУШКУ ДРЕВЕСИНЫ В СУШИЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ

ГУБЕРНАТОРОВ В.В., КНИТУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор САФИН Р.Р.;

канд. техн. наук, доцент ХАСАНШИН Р.Р.

На рынке представлено множество типов различного сушильного оборудования как отечественного, так и импортного производства, основанных на различных способах сушки. При таком многообразии очень тяжело сделать правильный выбор. В настоящий момент в мире нет общего способа и критерия оценки энергетических затрат на сушку древесины. Удельные энергозатраты на сушку 1 м^3 древесины, без учета энергозатрат на размораживание и предварительный нагрев, зависят от следующих факторов: породы, начальной и конечной влажности степени подготовки древесины к сушке, сортамента древесины. Только учет всех факторов позволяет объективно оценить энергозатраты на сушку 1 м^3 древесины в различных видах сушильного оборудования. Поэтому нельзя

сравнивать удельные энергозатраты на сушку 1 м^3 древесины по рекламным проспектам и литературным данным, так как эти цифры могут отличаться от реальных энергозатрат в 2-5 раз.

Самыми распространенными сушилками, применяемыми для сушки пиломатериалов, являются конвективные сушильные камеры. Материал при конвективной подаче тепла прогревается сравнительно медленно в зависимости от породы древесины, влажности и температуры среды. Индивидуальная сушка при таких условиях невыгодна. Поэтому пиломатериал сушится штабелями.

В странах с высокоразвитой промышленностью получила широкое распространение вакуумная сушка, так как применение вакуумных технологий позволяет сократить продолжительность и использовать пониженные температуры при сушке. Однако при реализации вакуумных способов возникают существенные трудности подвода тепла в условиях понижения давления. При этом наиболее перспективными в области вакуумной сушки древесины являются способы с конвективным подводом тепла: вакуумно-конвективный метод и вакуум-осциллирующая сушка в среде перегретого пара. В основу технологии данных методов заложен принцип «импульсных» режимов.

Таким образом, можно подвести определенные итоги. В процессе сушки древесины значительно увеличивается себестоимость продукции вследствие высокой продолжительности процесса и больших тепловых потерь в окружающую среду. Применение вакуумных технологий позволяет вести высокоинтенсивный процесс сушки при относительно невысокой температуре среды и при сохранении всех природных свойств материала, также это приводит к некоторому снижению энергетических затрат.

Представленная работа выполнялась при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (МД-5596.2016.8).

УДК 621.182

АНАЛИЗ РАБОТЫ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ДЕНИСОВ Д.В., АО РПО «Таткоммунэнерго»;

ХАФИЗОВА А.Ш., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ГУСЯЧКИН А.М.

В реальных условиях эксплуатации параметры рабочих процессов теплогенерирующих установок часто могут отличаться от заявленных, что негативно сказывается на энергоэффективности и долговечности теплогенерирующего оборудования.

Основная доля затрат на выработку теплоты в АО РПО «Таткоммунэнерго» приходится на энергоресурсы (около 60 %). Для снижения стоимости тепловой энергии необходимо повысить энергоэффективность теплогенерирующих установок за счет уменьшения удельного потребления топливно-энергетических ресурсов.

Известно, что наибольшие потери теплоты (8-12 %) в котельных установках приходятся на долю теплоты, уходящей с дымовыми газами, и уменьшить эти потери можно снижением их температуры.

Но снижать температуру продуктов сгорания можно только до 120-140 °С, поскольку дальнейшее охлаждение продуктов сгорания приводит к снижению тяги и образованию химически агрессивного конденсата, губительно влияющего на элементы котлов, газоходов и дымовых труб.

Однако в декабре 2016 года нами зафиксированы случаи снижения температуры уходящих газов некоторых водогрейных котлов АО РПО «Таткоммунэнерго» до 105-95 °С в течение 8 суток. Это может привести к сокращению срока службы теплотехнического оборудования.

Снижение температуры газов ниже допустимой можно объяснить завышенным значением коэффициента избытка воздуха, а также возможным несоответствием площади теплообменной поверхности экранов котла.

Энергоэффективность систем теплоснабжения зависит также от эффективности использования тепловой энергии. Важно соблюдать соответствие теплового потока на отопление зданий температуре наружного воздуха.

Проведенный нами анализ температур теплоносителя в системе теплоснабжения деревни Универсиады (г. Казань) выявил несоответствие

этих температур температурному графику тепловой сети, то есть температуре наружного воздуха. Это несоответствие особенно заметно при нестационарной температуре наружного воздуха (рис.1).

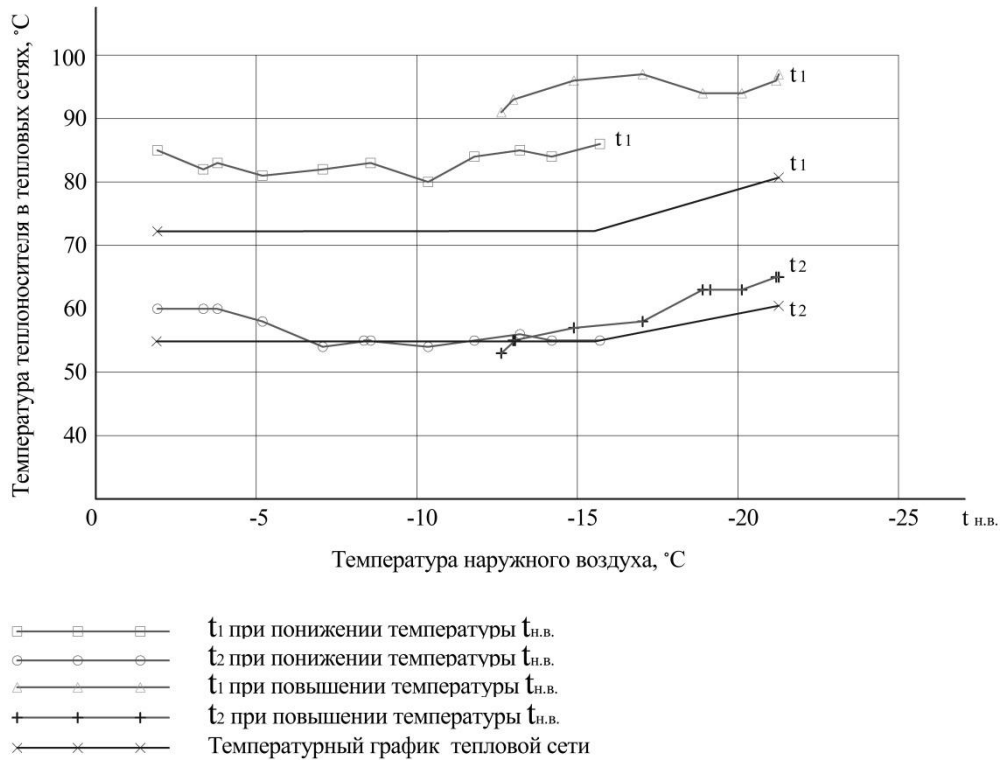


Рис. 1 Температура теплоносителя в тепловой сети при нестабильной температуре наружного воздуха ($t_{н.в.}$)

Температура теплоносителя в подающей (t_1) магистрали тепловой сети значительно выше расчетной, соответствующей температуре наружного воздуха, особенно при ее повышении. Следовательно, в систему теплоснабжения подается излишнее количество теплоты, что приводит к снижению эффективности системы теплоснабжения.

Таким образом, одним из резервов по энергосбережению в системах теплоснабжения с отопительными котельными малой мощности в реальных условиях эксплуатации является поддержание соответствия температур теплоносителя в тепловой сети температурному графику. Поддержание температуры дымовых газов на допустимом минимальном уровне позволит оптимизировать потери теплоты с уходящими газами и повысить срок службы оборудования.

УДК 621.311.04

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОМБИНИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ВЭУ, СФЭУ И УСТАНОВОК ПО ПРЕОБРАЗОВАНИЮ ВОЛН

ЗАКИРОВ А.Д., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КУБАРЕВ А.Ю.

На сегодняшний день потребляемая мощность возрастает с каждым днем, и цены на органические топливо увеличиваются. И выходом из этой ситуации может являться переход на возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

Одним из факторов, сдерживающим развитие ВИЭ и установок на их основе, является низкая плотность энергии на единицу площади по сравнению с классическими установками на органическом топливе. В связи с этим требуется свободная территория значительно больших площадей. Такие площади в инфраструктуре городов и мегаполисов являются дефицитными, в связи с чем возникает необходимость исследования возможности использования уже существующих объектов для интеграции в них установок на основе ВИЭ.

Для анализа такой возможности нами был выбран «волнорез» в речном порту города Казань. Данный объект представляет собой технически свободную территорию для создания на нём комбинированной установки на основе ВИЭ.

При проведении исследования были рассмотрены различные конструкции по проектированию комбинированной установки. В частности, возможность использования ветрогенераторов с горизонтальной осью вращения, т.к. они имеют большую эффективность и высокий КПД при низких среднегодовых скоростях ветра. Для выравнивания годовой выработки электроэнергии данную систему можно совместить с фотоэлектрическими модулями.

Если разместить данную комплексную установку на территории «волнореза» можно полностью перевести «Казанский речной порт» на автономное электроснабжение. Максимальное месячное потребление мощности Казанского речного порта составляет 1333 кВт/ч, если только покрыть эту территорию солнечными панелями при условии 100 %

инсоляции солнца, можно получить мощность, составляющую 7477 кВт/ч. По расчетам площадь «волнореза» равна 48226 м².

УДК 628.336

ПЕРЕРАБОТКА ОБЕЗВОЖЕННОГО АКТИВНОГО ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ТОПЛИВНЫЕ ГРАНУЛЫ

ЗАРИПОВА Г.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент НИКОЛАЕВА Л.А.

В настоящее время все большую актуальность приобретает вопрос охраны природных ресурсов за счет повторного использования отходов производства.

Целью исследования является получение топливных гранул на основе обработанного обезвоженного избыточного активного ила (ИАИ) очистных сооружений, которые могут быть использованы для получения тепловой энергии. Топливные гранулы на основе ИАИ выступают как альтернатива дровам, бурым углям, торфу и сланцам, при этом частично решается проблема снижения загрязнения окружающей среды отходами.

Для получения топливных гранул на основе активного ила необходимо проводить его обезвоживание. Одним из современных методов обезвоживания является центрифугирование. В качестве эффективного коагулянта перед механической очисткой предлагается дозировать в суспензию ИАИ необработанный и прокаленный карбонатный шлам водоподготовки.

Центрифугированию подвергались ИАИ, смесь, состоящая из ИАИ и необработанного шлама и смесь, представленная ИАИ и прокаленным карбонатным шламом ТЭС в различных пропорциях. Время центрифугирования составляло 1, 2 и 3 минуты. Скорость вращения центрифуги составляла от 500 до 1500 об/мин.

Влажность ИАИ после центрифугирования с необработанным карбонатным шламом снизилась на 10 %, с прокаленным карбонатным шламом – на 12-16 %.

Из полученного осадка путем окатывания были получены топливные гранулы, которые обрабатывались органическими связующими (крахмал, лигносульфонат), далее высушивались при 110 °С. Определена низшая теплота сгорания топливных гранул.

Таким образом, полученные топливные гранулы могут служить вторичным энергетическим ресурсом на промышленных предприятиях и объектах теплоэнергетики.

УДК 621.311, 624.04

СПОСОБ ЗАЩИТЫ СТАЛЕАЛЮМИНЕВЫХ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ОТ УСТАЛОСТНЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ВЫХОДЕ ИЗ ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО ЗАЖИМА

ИБРАГИМОВА А.В., ИХСАНОВ Р.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент САБИТОВ Л.С.

Исследование напряженно-деформированного состояния гибкой механической связи в узлах жёсткой заделки. В технике существует несколько разновидностей гибкой механической связи с узлами жесткой заделки, к которым можно отнести провода воздушных линий электропередач, вантовые тросовые крепления конструкций, струны частотных датчиков силы и малых перемещений. Все перечисленные элементы, несмотря на различие областей и целей применения, являются сходными в том, что они имеют высокое отношение длины к диаметру, подвергаются значительным растягивающим нагрузкам и поперечным колебаниям. Результатом этих воздействий может быть повреждение гибкой механической связи в узлах их жесткой заделки, где происходит суммирование напряжений от растяжения и от изгиба.

Аналитико-численным методом получаем уравнение для определения значений диаметра консольных частей защитного элемента $D(x)$ в местах после выхода из поддерживающего зажима в зависимости от текущей координаты x , отсчитываемой от крайних точек поддерживающего зажима

$$D(x) = 2\sqrt[3]{a + bx + cx^2 + ex^3},$$

$$\text{где } a = \frac{D_0^3}{8}; b = -\frac{D_0^3 - d_{II}^3}{4L_0} + e \cdot L_0^2; c = \frac{D_0^3 - d_{II}^3}{8L_0^2} - 2e \cdot L_0; e = \frac{7}{32} \cdot \frac{D_0^3 - d_{II}^3}{L_0^3}.$$

Наряду с повышением ресурсной стойкости провода предложенный способ позволяет предотвратить аварии линий электропередачи из-за механических перегрузок проводов в случае возникновения пляски проводов, вызванной сочетанием значительных ветровых нагрузок с

гололедными отложениями. В наиболее опасном сечении провода, в месте его выхода из поддерживающего зажима, возникает суммарное напряжение от растяжения провода и от его изгиба. При пляске проводов существенно увеличивается натяжение провода T вследствие того, что удельные нагрузки на провод от веса провода, покрытого гололедом, и давления ветра на покрытый гололедом провод могут в несколько раз превышать нагрузки от собственного веса провода (для провода АС 120/19 более, чем в 5 раз). Кроме того, при воздействии на провод воздушного потока со скоростью, достигающей 30 м/с, происходит увеличение знакопеременного изгибающего момента действующего в этом сечении. При этом эффективность предложенного способа защиты от повреждения проводов в этом случае определяется значительным снижением в опасном сечении провода, с коаксиально приваренным к нему защитным элементом, максимального напряжения σ_{Σ} , равного сумме напряжений от растяжения $\sigma_p = 4T / \pi D_0^2$ и от изгиба $\sigma_{изг} = 32 M_{изг \max} / \pi D_0^3$. Это обусловлено тем, что площадь сечения системы провод с защитным элементом и ее момент сопротивления существенно, соответственно в 4 и 8 раз превышают указанные величины собственно для провода.

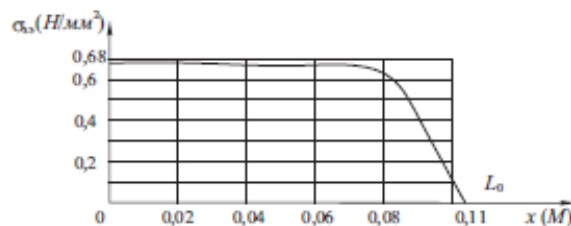
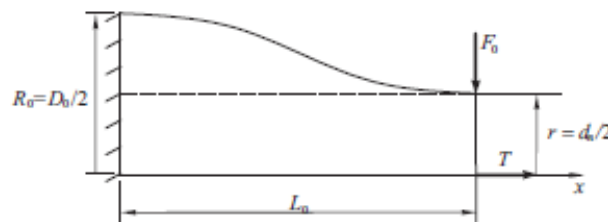
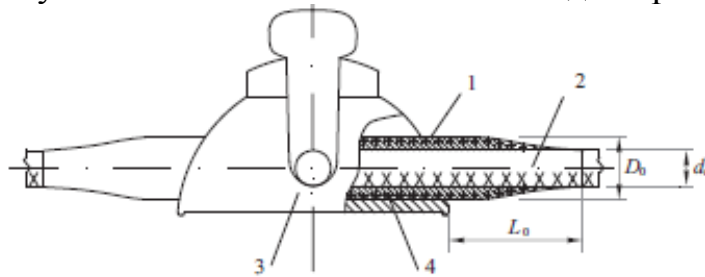


Рис.1 Способ защиты проводов ВЛЭП

УДК 536.24

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНОГО И ЧИСЛЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОБТЕКАНИЯ ОДИНОЧНОЙ ДИФFUЗОРНОЙ БЕЗОТРЫВНОЙ ВЫЕМКИ

ИЛЮШКИН Н. А., ТАКМОВЦЕВ В. В., ЗАРИПОВ И.Ш.,
КНИТУ-КАИ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ИЛЬИНКОВ А.В.;
д-р техн. наук, профессор ЩУКИН А.В.

Для снижения гидравлических потерь энергии в системах охлаждения газотурбинных установок используют способы пристенной интенсификации теплообмена, которые позволяют снизить потери энергии, интенсифицируя процессы переноса только в пристенных слоях потока охладителя. Как следует из рекомендаций В.К. Мигая, Г.А. Дрейцера и др., для турбулентного режима течения газов или воды интенсифицирующее воздействие на пристенный слой потока будет энергоэффективным, если его осуществлять при значениях безразмерной координаты y^* , не превышающих 200 (здесь $y^* = (yv^*/\nu)$, ν^* – динамическая скорость, y – координата по нормали к поверхности стенки, ν – кинематический коэффициент вязкости). В этом случае потенциальный поток не подвергается интенсифицирующему воздействию, снижая потери энергии в охлаждающих трактах.

В настоящем докладе обсуждаются результаты исследования гидродинамики обтекания одиночной безотрывной диффузорной выемки (БДВ), выполненной на плоской поверхности. При безотрывном обтекании таких выемок условий для образования возвратного течения практически нет. Следуя опытным данным, полученным при обтекании одиночной сферической выемки с относительной глубиной $h/d < 0,2$, можно полагать, что на первой, по ходу основного потока, половине БДВ в пристенном слое образуются микровихри Тэйлора-Гёртлера. Они увеличивают теплоотдачу. Однако во второй половине БДВ интенсифицирующее воздействие на теплоотдачу снижается, поскольку в пристенной области течение ускоряется, приводя к подавлению турбулентных пульсаций и других возмущений.

Исследуемые модели БДВ предназначены для оценки возможностей дополнительной интенсификации процессов переноса теплоты под воздействием продольного положительного градиента давления,

обусловленного формой безотрывной выемки. Форма и размеры БДВ защищены патентами РФ (RU 166684, RU 166747, RU 166748).

Физические и численные эксперименты проводились для следующих режимных условий: числа Рейнольдса изменялись в диапазоне $Re_d = 4580 \dots 8900$, где за характерный размер был принят гидравлический диаметр выемки в плоскости исходно гладкой поверхности; температура потока воздуха $T = 300$ К; степень турбулентности Tu потока воздуха в канале составляла около 3 %.

Схема исследуемой модели одиночной БДВ показана на рис. 1.

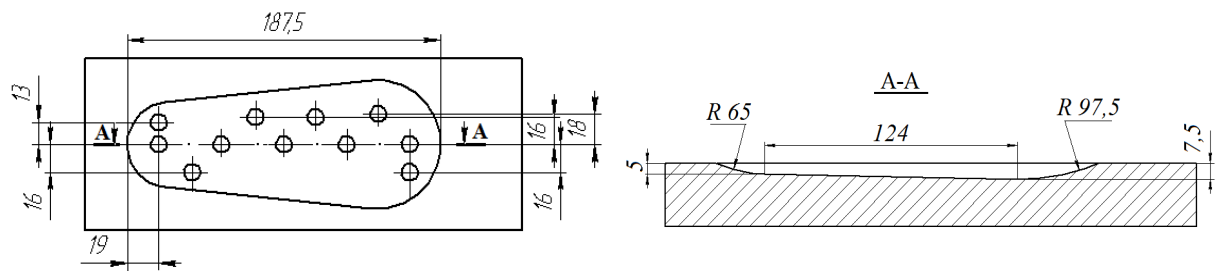


Рис. 1. Схема модели одиночной БДВ (направление основного потока слева направо)

Модель БДВ располагалась вдоль плоскости симметрии канала на нижней стенке опытного участка.

Численные расчеты выполнялись в коммерческом пакете ANSYS-CFX. Расчетная область, имеющая размеры $200 \times 200 \times 400$ мм разбивалась на более чем 1500000 элементов тетраэдров. Пограничный слой моделировался элементами призматической формы.

Были назначены следующие граничные условия: «вход» – скорость в поперечном сечении канала, равная 10 м/с; «выход», для которого устанавливался параметр «outflow», когда давления и скорости потока заранее неизвестны, и определяются в результате расчета; «стенка», где принималось условие прилипания потока и логарифмический профиль скорости, соответствующий классическому турбулентному пограничному слою.

В докладе приведен сравнительный анализ результатов опытных исследований поля статического давления при обтекании придонного и бокового участков БДВ. Результаты численного эксперимента вполне удовлетворительно совпадают с полученными опытными результатами. Показано, что распределение численных значений локальных параметров коэффициента давления отражают основные особенности физических процессов обтекания безотрывных выемок.

УДК 543.054.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОРБЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ НА СИЛИКАГЕЛЕВЫХ СОРБЕНТАХ

ИМЕЛБАЕВА Э.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор НОВИКОВ В.Ф.

Силикагель широко используется в различных отраслях промышленности для очистки различных материалов от токсичных примесей и влаги. Они используются в энергетической отрасли промышленности для осушки трансформаторных масел. Выпускаемые в настоящее время силикагели характеризуются различной величиной пор, насыпной массой и сорбционной способностью по отношению к органическим и неорганическим веществам.

В настоящей работе методом восходящей жидкостной колоночной хроматографии проведено исследование сорбционной способности сорбентов, полученных на основе силикагелей, по отношению к различным органическим растворителям. Получены кинетические кривые процесса сорбции, которые соответствуют вогнутой изотерме сорбции Ленгмюра и определено влияние длин сорбционного слоя силикагелей на абсолютные времена удерживания органических растворителей. На основе проведенных исследований установлено, что из всех исследованных силикагелей наиболее высокая сорбционная емкость по отношению к органическим растворителям наблюдается для Силохром-S-80, который выпускается промышленностью в достаточно чистом виде и используется в качестве селективных сорбентов для высокоэффективной газовой и жидкостной хроматографии. Найдено, что для органических веществ, содержащих атомы хлора, сорбционная ёмкость имеет наиболее высокие значения, чем в случае н. алканов [1-5].

Литература

1. Новиков В.Ф. Изучение технологических свойств органических растворителей / В.Ф. Новиков, Ю.В. Снигирева, И.Ф. Ялалов и др. // Труды XVI Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение». – Казань, 2016, – с.456.

2. Новиков В.Ф. Восходящая колоночная хроматография для очистки селективных свойств органических растворителей./ В.Ф. Новиков,

А.Л.Осипов, Ю.В. Снигирева и др.// Труды XVI Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение». Казань, 2016, – с. 437-440.

3. Новиков В.Ф. Оценка сорбционных свойств органических растворителей/ В.Ф. Новиков, А.Л. Осипов, Л.М. Гиниятова и др. // Периодический научный сборник «Современные тенденции развития науки и технологии». Белгород, 2016, – с.129-131.

4. Новиков В.Ф. Хроматографическое поведение растворителей в восходящей колоночной жидкостной хроматографии / В.Ф. Новиков, Ю.В. Снигирева, Д.А. Хабабутдинов и др. // Материаловедение и металлургическое оборудование и технологии. – 2016, №5/2016, – с. 45-47.

5. Новиков В.Ф. Физико-химические свойства растворителей для колоночной хроматографии. / В.Ф. Новиков, Ю.В. Снигирева, Д.А. Хабабутдинов // Технические науки. – 2016, № 301-05/2015, – с. 85-89.

УДК 624.014

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ НА СТЕНДЕ ИС-1 ОПОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

ИХСАНОВ Р.М., ИБРАГИМОВА А.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент САБИТОВ Л.С.

Испытания опор ЛЭП осуществляются в горизонтальном положении на специальном стенде ИС-1 (рис.1) в натуральную величину.

Целью испытания опоры является определение ее фактической несущей способности и жесткости и определения соотношения этих параметров с теоретическими результатами расчета.

Подготовительные работы перед испытанием включают следующие этапы:

- Выбор образца для испытания: Для испытания отбираются серийно изготавливаемые опоры. Для этой опоры осуществляется визуально инструментальное обследование. По результатам этого обследования устанавливаются фактические геометрические параметры. Класс стали определяется по сертификатам на поставку металла, а в случае их отсутствия класс стали определяется по результатам испытания стандартных образцов. Для испытываемой опоры из проектных данных определяются действующие нагрузки, усилия, напряжения и прогибы. В

случае отсутствия этих данных выполняется расчет несущей способности и прогибов на эксплуатационные нагрузки.

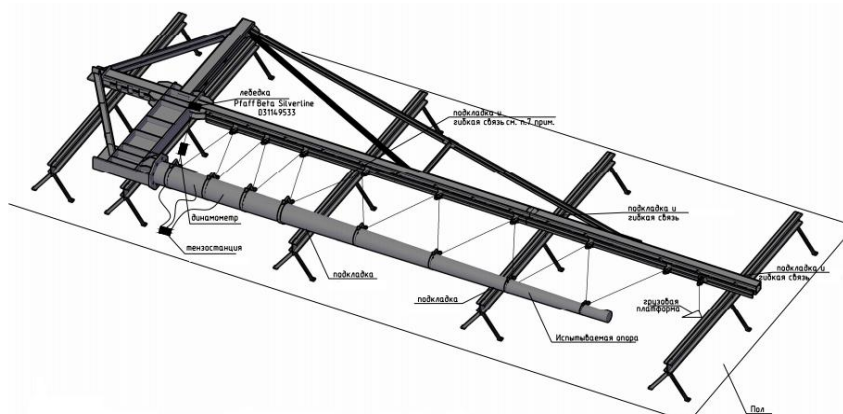


Рис.1 Общий вид испытательного стенда ИС-1

После установления шага приложения экспериментальной нагрузки выполняют статический расчет опоры на данные нагрузки. Из равенства опорных изгибающих моментов, от фактической нагрузки и экспериментальной определяют уточняющие значения экспериментальных нагрузок, например P_1 и P_2 .

Зная значение сосредоточенных нагрузок, определяем значение усилия в тросе (груза на платформе).

$$N = \frac{P}{2 \times \cos \alpha},$$

где α – угол наклона ветви троса.

Для моделирования нагрузки от собственной массы опоры часть блоков (3–4 шт.) на стенде устанавливаются не симметрично относительно блока, расположенного на опоре, а именно значение $c > d/2$, что определяется дополнительным расчетом.

Подготовка стенда и опоры. Процесс проведения испытаний. Опора укладывается в горизонтальное положение на направляющие стенда (рис. 1) и закрепляется через ее фланец к фланцу стенда при помощи проектных болтов. На опоре и стенде устанавливается расчетное число блоков (от 6 до 12 шт.), которые объединяются стальным тросом. При этом один конец троса через динамометр и лебедку, прикрепленную к основанию конструкции стенда, а другой конец троса прикреплен к грузовой платформе. Загружение осуществляется этапами величиной $0.2N$, где N – величина расчетного усилия в тросе. После приложения нагрузки при помощи лебедки осуществляется выбор троса для выравнивания усилия в нем, что отслеживается по показаниям динамометра. После выравнивания усилия нагрузка выдерживается в течение 15 мин. После чего считываются показания прогибомеров и тензодатчиков. Испытания ведутся до

признаков исчерпания несущей способности или до достижения предельных прогибов.

Принцип получения стендовой нагрузки состоит в следующем:

- Нагрузки q_1, q_2, q_3 , приводятся к стендовой нагрузке P , расположенной с шагом a ;

- Усилие F – прикладывается с помощью равнодействующего усилия от двух блоков, расположенных на расстоянии $2f$ друг от друга при расположении отметки приложения силы F равноудалено на расстояние f между этими двумя блоками.

Определение усилия в тросе (грузового балласта в платформе) при 4 блоках, заменяющих локальное усилие, необходимо производить по формуле:

$$N = \frac{F}{8 \times \cos \alpha}$$

где, $\cos \alpha = \frac{h}{\sqrt{f^2/4+h^2}}$

Момент, в заделке заменяющий погонную ветровую нагрузку, определяется по формуле:

$$M_{\text{ЭКВ}} = \frac{1}{6} [(q_1 + 2q_2)c^2 + (q_2 + 2q_3)b^2 + 3(q_2 + q_3)bc]$$

Шаг расстановки блоков равен:

$$a = \frac{8hM_{\text{ЭКВ}}}{\sqrt{F^2(f^2 + h^2)(n^2 + n)^2 - 16M_{\text{ЭКВ}}^2}}$$

Метод был апробирован на металлической многогранной опоре высотой 7 метров.

Выводы: Выполненные исследования показали, что предлагаемая методика испытания опор позволяет наиболее точно смоделировать действующие на неё нагрузки и обеспечить простоту загрузений в процессе испытания.

УДК 621.6-52

УСТРОЙСТВО ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УТЕЧЕК ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

КАРГАПОЛЬЦЕВ В.В., ВГУ, г. Киров

Науч. рук. ст. преподаватель МИЦКЕВИЧ А.А.

Непрерывный рост стоимости энергоресурсов требует повышения эффективности их использования на всех стадиях. Снижение утечек

теплоносителя через неплотные соединения и аварийные прорывы, а также сокращение его несанкционированного водоразбора потребителями является одним из простых и эффективных способов энергосбережения.

Для решения этой задачи на основании Инструкции МДК 4-02.2001 [1]: «в отдельных случаях для контроля за герметичностью систем теплоснабжения и несанкционированным разбором горячей воды из систем отопления допускается использование флуоресцеина динатриевой соли (уранин А)». Применение этого способа в России имеет эпизодический характер, поэтому снижение объема подпитки котельных после применения красителя проявляется только в течение короткого времени.

Авторами разработано устройство дозирования (рис. 1), обеспечивающее круглогодичную автоматическую подачу концентрированного раствора красителя в трубопровод подпитки котельной. Объем воды, протекающий по трубопроводу подпитки, измеряется расходомером-счетчиком с импульсным выходным сигналом, контроллер устройства вычисляет дозу впрыска концентрированного раствора красителя, при этом учитывается текущая величина давления в трубопроводе, измеряемая датчиком давления. Доза раствора вводится в трубопровод дозирующим насосом, рассчитанным количеством ходов поршня насоса по сигналу контроллера. При снижении уровня раствора красителя в емкости ниже допустимого по сигналу датчика уровня контроллер прекращает дозирование раствора.

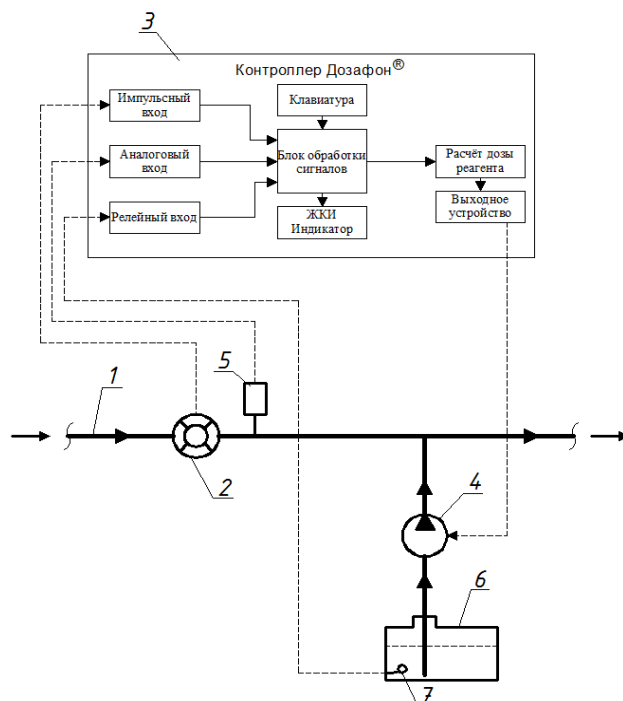


Рис. 1. Принципиальная схема устройства: 1 – трубопровод подпитки котельной; 2 – расходомер-счетчик; 3 – контроллер; 4 – дозирующий насос; 5 – датчик давления; 6 – бак с концентрированным раствором красителя; 7 – датчик уровня

Разработанное устройство защищено патентом [2] и практически реализовано в виде станции дозирования красителей и других реагентов в трубопроводы подпитки котельных.

Литература

1. МДК 4-02.2001. Типовая инструкция по технической эксплуатации тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения.

2. Каргапольцев В.В., Мицкевич А.А. Устройство дозирования красителя сетевой воды, F17D 3/12, патент № 120745 от 22.05.12, опубликовано 27.09.12.

УДК 547.821.4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ В ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЛАХ

КАРТАШОВА А.А., Ассоциация НП «КИТПК»;

САДРИЕВ И.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р. хим. наук, профессор НОВИКОВ В.Ф.

Стабильность, долговечность и ресурс работы маслonaполненного электрооборудования во многом зависит от углеводородного состава нефтяного трансформаторного масла, а также содержания в нем растворенного воздуха, свободной и связанной влаги.

Чаще всего вода в масле может быть в виде мельчайших взвешенных частиц (эмульсия) и в виде избыточной воды, которая не смешивается с маслом и осаждается на дно бака (сосуда). Примесь воды даже в количестве до 0,01 % (особенно в виде эмульсии) снижает электрическую прочность масла настолько, что делает его практически непригодным для работы в электрических аппаратах.

Волокнистые примеси в большей степени снижают электрическую прочность масла, так как обладают гигроскопичностью и, впитывая в себя влагу, становятся полупроводящими частицами. Взвешенный уголь служит хорошим проводником электричества, его частицы оседают на изоляторах или на других погруженных в масло деталях, создают проводящие слои, мостики, которые могут быть причиной перекрытия и коротких замыканий в системе.

В трансформаторных маслах содержится большое количество нафтеновых углеводородов и соединений ароматического ряда, например, толуола, которые легко взаимодействуют с кислородом воздуха под действием температуры, причем способность их к окислению растет с увеличением числа и длины боковых цепей молекулы. В связи с этим, для повышения стойкости при хранении и эксплуатации, в масла обязательно вводят антиокислительную присадку, в качестве которой наиболее часто используют ионол.

Сложный многокомпонентный состав трансформаторного масла затрудняет решение задач разделения и индивидуального определения примесей. Для проведения таких исследований обычно применяют метод капиллярной газовой хроматографии или высокоэффективной жидкостной хроматографии, которые позволяют с высокой эффективностью определять наличие и концентрацию примесей, которые существенно влияют на эксплуатационные характеристики.

УДК 621.311.22

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОТОКА В ОБЛАСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО КОЛПАЧКА ИОНООБМЕННОГО ФИЛЬТРА ПРИ НАЛОЖЕНИИ ПУЛЬСАЦИЙ НА ПОТОК

КАШАПОВА Л.М., АХМЕДЗЯНОВА В.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, профессор МУТРИСКОВ А.Я.

Целью работы является моделирование нестационарного потока жидкости в области колпачка ионообменного фильтра и оценка влияния пульсаций потока на продольное перемешивание методом трассера.

Ионный обмен – один из основных методов получения умягченной воды. Существующее разнообразие конструкций аппаратов с улучшенными показателями имеют недостатки, основное из которых – неоднородность структуры потока в процессе фильтрации через слой ионита.

Из результатов моделирования ионообменного фильтра известно, что скорость потока уменьшается от центра аппарата к краям, а также от места ввода к распределяющему устройству. Следовательно, там образуются зоны, где ионообменная смола не полностью отрабатывает свой потенциал. Основные неоднородности наблюдаются у дренажно-распределительного устройства (колпачок). В работе исследована

гидродинамическая картина в области колпачка в условиях пульсаций потока.

Так как фильтрация происходит в ламинарном режиме ($Re < 5$) в математическую модель входят уравнения Навье-Стокса и неразрывности:

$$\frac{\partial \bar{V}}{\partial t} + \nabla(\bar{V} \otimes \bar{V}) = -\frac{\nabla P}{\rho} + \frac{1}{\rho} \nabla(\mu \nabla \bar{V}) + S; \quad (1)$$

$$S = \frac{\text{grad}P}{\rho}; \quad (2)$$

$$\text{grad}P = \lambda \frac{1}{d_s} \frac{\rho v^2}{2}; \quad (3)$$

$$\nabla \bar{V} = 0, \quad (4)$$

Для построения кривой отклика используется уравнение конвективного переноса:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \nabla(\bar{V}C) = 0; \quad (5)$$

Для замыкания системы уравнений применены граничные условия:

Вход:

- Концентрация – значение на стенке $C=0$
- Скорость – нормальная $v_n=f(t)$

Симметрия:

- Концентрация – симметрия $\partial C/\partial n=0$
- Скорость – стенка с проскальзыванием $\partial v/\partial n=0$

Стенка:

- концентрация – нулевой поток $\partial C/\partial n=0$
- скорость – стенка $v=0$

Выход:

- концентрация – нулевой поток $\partial C/\partial n=0$
- скорость – нулевое давление/выход $P=0$ (Па)

Предполагается, что область обладает изотропной пористостью, гидравлическое сопротивление которой описывается уравнением 3. При соблюдении условия постоянства среднего расхода жидкости пульсации потока создаются в виде временной зависимости с помощью дискретных условий рис. 1, здесь T_i – время подачи импульса, T_f – время сброса, $T_{\Pi} = T_i + T_f$ – полное время периода колебаний.

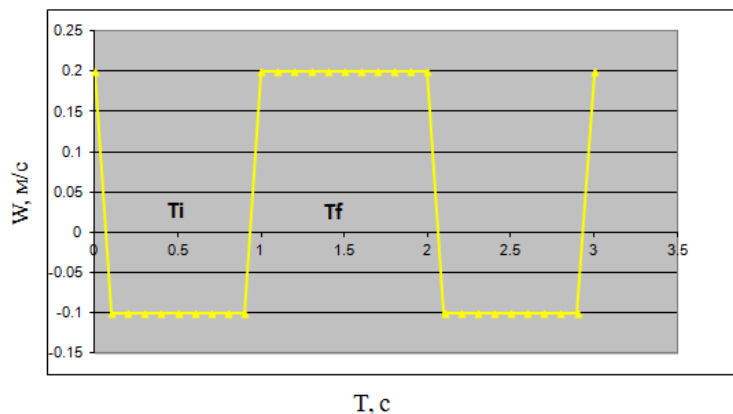


Рис.1. Зависимость скорости потока на входе от времени

Численное решение системы уравнений выполнено с помощью пакета вычислительной гидродинамики FlowVision (Тесис). Косвенную информацию о структуре потока можно получить путем ввода индикатора – помеченной жидкости заданного объема с заданной концентрацией (в нашем случае концентрация $C=1$). Анализируя во времени его содержание в выходящем из аппарата потоке, находят продолжительность пребывания в аппарате отдельных ее частиц.

Среднее время пребывания жидкости в области колпачка:

$$\tau_0 = \frac{\int_0^{\infty} \tau c d\tau}{\int_0^{\infty} c d\tau}$$

При стационарном потоке среднее время пребывания жидкости в области колпачка $\tau_{0ст}=0,466$. Для оценки влияния параметров колебаний на время пребывания были исследованы два режима пульсационных воздействий. Первый режим с прерыванием потока, т.е. с полной остановкой течения жидкости $v_i=0$, второй режим с частичным возвратом жидкости в аппарат, со скоростью, равной половине скорости псевдооживления $v_i = -v_{nc}/2$. При этом были рассмотрены как симметричные $T_i = T_f$, так и несимметричные $T_i \neq T_f$. Из результатов расчетов известно, что в целом пульсационные воздействия приводят к увеличению времени пребывания. При этом максимальный прирост составил 43-45 % при симметричных пульсациях $T_i=T_f=1$ (с).

Рассмотрена структура потока жидкости в области колпачка распределительного устройства ионообменного фильтра. Построены и обработаны кривые отклика для двух режимов пульсаций и рассчитано среднее время пребывания жидкости в области колпачка.

УДК 628.316.12

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФЕНОЛОВ

КУЗНЕЦОВА Т.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент ТАНИЕЕВА А.В.

Как известно, фенолы и их производные относятся к приоритетным загрязнителям водной среды. Они обладают высокой токсичностью для человека и накапливаются в организме, что обуславливает необходимость постоянного контроля за их содержанием в водных объектах. Экологическую опасность загрязнения водных источников фенолами

обычно оценивают с помощью традиционных химических методов, которые являются трудоёмкими, длительными в выполнении и требуют большого объема пробы анализируемой воды и наличия химических реактивов. При анализе водных источников на содержание фенолов обычно необходимо знать концентрации конкретных соединений, которые являются индивидуальными компонентами сложных смесей. Поэтому определению концентрации фенолов должно предшествовать их разделение на индивидуальные компоненты, которое лучше всего реализуется с помощью хроматографических методов анализа. В случае газохроматографической оценки исходных фенолов возможно определение их концентрации в процессе однократного ввода пробы в инжектор газового хроматографа и при этом не требуется большого количества реактивов.

Несмотря на многочисленные исследования, посвященные определению летучих фенолов различными инструментальными методами, в том числе и с использованием газовой хроматографии, ряд проблем остается нерешенным. К ним, в частности, относится выделение и концентрирование фенолов из водных объектов, поскольку прямой газохроматографический анализ не всегда позволяет определять их концентрацию на уровне внешних ПДК. Как правило, для повышения чувствительности газохроматографического определения фенолов достаточно широко используется концентрирование, которое основано на их экстракции из воды органическими растворителями. Процесс жидкофазной экстракции из водной фазы является сложным из-за их гидрофильной природы и высокой способности к образованию водородных связей. При этом коэффициенты распределения являются невысокими, поэтому необходимо провести предварительную подготовку пробы, связанную со специальными воздействиями на электронную систему, а также многократное повторение стадии экстрагирования. Кроме того, существует проблема определения близкокипящих изомеров фенольных соединений, которую можно решить подбором более селективных сорбентов, а также использования вариантов реакционной газовой хроматографии, что и является целью настоящей работы.

Для разработки методов анализа исследуемые фенолы были предварительно очищены перекристаллизацией их из ацетона, степень очистки которых определялась по показателю преломления. Рабочие растворы с исходной концентрацией от 50 до 1000 мг/л готовились путем растворения точной навески очищенных веществ в гексане. Затем рабочие растворы разбавляли до концентрации от 0,0001 до 100 мг/л. В качестве

объектов использовали: фенол, о-крезол, м-крезол, п-крезол, о-хлорфенол, м-хлорфенол, п-хлорфенол, о-нитрофенол, м-нитрофенол, п-нитрофенол.

Поскольку фенолы по своему агрегатному состоянию относятся к твердым веществам с температурой плавления от 70 °С для орто-хлорфенола до 114 °С для пара-нитрофенола, анализ проводили путем превращения последних в летучие соединения – трифторацетаты и силиловые эфиры фенольных соединений. В этом случае к гексановому раствору добавляли трифторуксусный ангидрид, избыток растворителя отгоняли и полученный трифторацетат вводили в инжектор газового хроматографа. Для сравнения полученных результатов с использованием газохроматографических методов проводили фотометрическое определение фенолов на приборе КФК-2 при длине волны $\lambda=440$ нм с использованием кювет длиной 50 мм. Была проведена статистическая обработка экспериментальных результатов, которая показала достаточно низкую погрешность определения фенолов с использованием реакционной газовой хроматографии.

УДК 620.92/.98

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ ИНГУШЕТИЯ

МАЛЬСАГОВ М.И., НИУ МЭИ, г. Москва
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ТИТОВА Г.Р.

Традиционно энергосистема Республики Ингушетия является дефицитной по тепловой и электрической мощности, из-за отсутствия собственных генерирующих мощностей, что тормозит развитие промышленного и сельскохозяйственного производства.

Республика Ингушетия располагает значительными запасами гидроэнергетики малых рек, достаточным количеством природного газа для функционирования муниципальных котельных в регионе, потенциалом солнечной и геотермальной энергетики.

В концепции развития Республики Ингушетии заложен рост зеленой энергетики, как необходимость сохранения экологической составляющей климатических условий для сохранения природной среды обитания флоры и фауны.

По решению парламента республики, обеспечения экономического роста регион будет добиваться, применяя современные экологические энергоэффективные технологии зеленой энергетики.

Рост инвестиций в мире в отрасль возобновляемой энергетики отражен в табл.1.

Таблица 1. Ежегодные инвестиции в возобновляемую энергию

Год	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
109 \$ США	130	160	211	257	244	232	270	286

Автор полагает, что использование возобновляемых источников энергии на основе солнечной инсоляции и создания малой гидрогенерацией позволит обеспечить электрической энергией высокогорные, труднодоступные поселения численностью от 2 до 200 человек, на которые приходится 85 % территории республики и немногим более 5 % населения.

Автор считает, что создание солнечной и малой гидрогенерации мощностью от 1,5 до 500 кВт позволит быстро развивать аграрно-перерабатывающий сектор промышленного производства, обеспечит рабочими местами быстрорастущее население республики и позволит создать современные жилищные условия на 85 % территории республики, снизив стоимость строительства и содержания жилых и производственных зданий и сооружений, построенных с учетом стандартов зеленой энергетики.

На начальном этапе работы рассматривалась возможность применения солнечной генерации. Для этого были получены данные об инсоляции за каждый месяц с базы данных Meteororm, они приведены в табл.2.

Таблица 2. Ежемесячная инсоляция, кВт•ч/м².

Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июн.	Июл.	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
38,7	59,5	94,7	126,5	160,1	161,9	169,7	145,6	111,5	75,1	40,8	29,8

После чего был произведен расчет генерации электрической энергии, исходя из мощности солнечных панелей. Для этого были выбраны панели мощностью от 2 до 5 кВт, с шагом 0,5 кВт.

Для расчетов была использована формула:

$$W_c = \frac{kP_w R}{1000}$$

Так как значение инсоляции приведено в $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, то она преобразуется в:

$$W_c = kP_w R,$$

где R – значение солнечной инсоляции за выбранный период, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{месяц}$; P_w – номинальная пиковая мощность модуля, кВт; k – коэффициент, равный 0,5 и 0,7 в летний и зимний периоды, соответственно.

После чего были получены данные о генерации каждой солнечной установки для каждого месяца, приведены расчеты генерации от ветроустановки и микроГЭС. Выведено целесообразное решение по их совместному использованию. Также приведены рациональные решения, которые отличаются более низкой ценой и способы их применения в разных сферах.

УДК 658.26

СБОР ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ

МАРЯХИНА С.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЛОГАЧЕВА А.Г.

Для защиты оборудования на подстанциях во всем мире, в том числе и в нашей стране, удачно применяются нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН). Они защищают оборудование подстанций от грозовых перенапряжений, приходящих по воздушным линиям (ВЛ).

Одним из актуальных направлений в мировой энергетике является установка ОПН на опорах ВЛ для защиты линий от грозовых перенапряжений. Наиболее часто оценку состояния ОПН производят визуальным осмотром либо разборкой ОПН и проверкой нормируемых электрических параметров резисторов. В подобных ситуациях поиск имеющего неисправности ОПН занимает достаточно большой промежуток времени, помимо этого, из-за сложности визуального осмотра, линия, защищаемая от перенапряжений, может оказаться под угрозой.

Для решения этой проблемы сейчас применяются устройства дистанционного мониторинга ОПН, например, такие как EXCOUNT-I(II)(ABB, Швейцария), АСМ (Siemens, Германия), АСІ (Siemens, Германия). Но ни одно из перечисленных устройств не осуществляет передачу данных беспроводным способом на дальнейшее расстояние. У EXCOUNT дальность 60 м (передача данных по радиоканалу частотой 868

МГц), у АСМ есть функция оснащения USB-передатчиком, тоже на ближнее расстояние. АСИ – индикатор, по которому можно сделать заключение о состоянии подключенного к нему ОПН. Результат о состоянии просматривается специалистом только при нахождении вблизи ОПН.

Для улучшения оперативности мониторинга состояния ОПН на ВЛ перспективным решением является реализация системы сбора данных на основе энергоэффективной LPWAN сети. LPWAN(англ. *Low-powerWide-areaNetwork* — «энергоэффективная сеть дальнего радиуса действия») – беспроводная технология передачи малых по объёму данных на дальние расстояния, созданная для распределённых сетей телеметрии, межмашинного взаимодействия и интернета вещей. LPWAN обеспечивают среду сбора данных с датчиков, счётчиков и сенсоров.

В основе принципа передачи данных по технологии LPWAN на физическом уровне (PHY) лежит свойство радиосистем – увеличение дальности связи при уменьшении скорости передачи.

В данный момент есть несколько LPWAN-технологий. В России наиболее широко представлены две технологии: «СТРИЖ» и Lora. «СТРИЖ» – российская технология энергоэффективной связи, разработанная компанией «СТРИЖ Телематика». Работает на частоте 868,8 МГц с использованием узкополосной модуляции радиосигнала на базе собственного протокола связи Marcato 2.0. Компания Lora (ООО «ЛЭЙС») разрабатывает и эксплуатирует одноименную беспроводную глобальную энергоэффективную сеть, внедряемую Альянсом LoRa. Технология LoRa является широкополосной, работает в субгигагерцовом диапазоне. Сеть уже развернута во многих городах России.

Предлагаемые технологии позволяют увеличить скорость получения результатов ОПН на дальнее расстояние, применяемых для защиты изоляции воздушных линий электропередач.

УДК 621

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРОТОННОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА ДЛЯ УЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДОБЫВАЕМОЙ СКВАЖИННОЙ ЖИДКОСТИ

МАТВЕЕВ Д.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор КАШАЕВ Р.Х.

Учет добываемой скважинной жидкости (СЖ) в настоящее время включает: определение расхода (дебита скважины), массовой

концентрации воды, нефти. Причем на стадии добычи СЖ определение расхода некорректно, поскольку СЖ насыщена газом. Важно определять концентрацию воды, поскольку для целей энергосбережения насосы целесообразно включать только при достаточных концентрациях нефти в СЖ. Возникает актуальная необходимость разработки способа и устройства для экспресс-анализа на потоке перечисленных параметров. Они должны удовлетворять условиям: точности $\pm 4\%$, охвата всего диапазона изменений концентрации компонент (0-100 %), непрерывности, минимальности отвода энергии, экспрессности для повышения частоты анализа. Этим условиям удовлетворяет только метод протонного магнитного резонанса, обладающий достаточной точностью, охватом всего диапазона концентраций, неконтактностью, взрывобезопасностью, возможностью измерений на потоке, непрерывностью и экспрессностью, минимальностью отвода энергии из потока, возможностью автоматизации. Известно устройство для измерения состава и расхода многокомпонентной жидкости на основе ядерного магнитного резонанса, которое состоит из ряда магнитов для поляризации жидкости и ряда ЯМР или ЭПР датчиков течения, расположенных вдоль трубопровода. В этом устройстве постоянное магнитное поле H_0 прикладывается к многокомпонентный поток с помощью магнитного устройства. Для измерения индивидуальных массовых скоростей многокомпонентного потока изобретение использует комбинацию различных магнитов и ЯМР (или ЭПР) датчиков потока, расположенных вдоль трубопровода. В магнитном поле располагается труба из немагнитного материала. Согласно описываемому изобретению, аппаратура включает в себя магнитные средства для формирования магнитного поля, поле генерируется множеством поляризующих магнитов; детектирующий магнит расположен между двумя поляризующими магнитами; труба из немагнитного материала находится в поле поляризующих и детектирующих магнитов; имеется соответствующее количество РЧ-катушек, каждая из которых расположена в поле соответствующего детектирующего магнита и намотана вокруг немагнитной трубы, ось катушки направлена под прямым углом к направлению поля; ЯМР (ЭПР) аппаратура для регистрации сигнала подсоединена к соответствующей РЧ-катушке; имеется аппаратура для регистрации намагниченности и скорости текущего материала; имеются средства для измерения, сбора, хранения и расчета информации о скорости и намагниченности каждой из ЯМР (ЭПР) аппаратур с целью расчета массовых скоростей индивидуальных компонент потока. Средства управления содержат коммутирующий блок для подключения и

отключения регистрирующей аппаратуры ЯМР (ЭПР) к одной или большему количеству упомянутых РЧ-катушек.

УДК 621.22

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОТУРБИН В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЕ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

МЕНДЕЛЕЕВ Д.И., КГЭУ, г. Казань.

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ГАЛИЦКИЙ Ю.Я.

В связи с истощением запасов ископаемого топлива всё более актуально встаёт вопрос об эффективном использовании энергетических ресурсов. В свете этого актуальны мероприятия по внедрению разработок и технологий для более эффективного использования ресурсов.

Очевидно, что чем больше станция использует затраченные ресурсы за один цикл (количество произведенной энергии с единичного количества затраченных ресурсов), то тем более эффективен сам цикл, а значит, и более полезно используются ресурсы, при условии, конечно, если сравнивать однотипные способы производства энергии. Однако если есть возможность внедрения в технологический цикл производства энергии дополнительной генерации, то в каких-то случаях можно получить дополнительный положительный эффект. В качестве примеров можно привести утилизацию тепла охлаждающей воды с помощью тепловых насосов, установка турбодетандеров на перепадах давления, например, в отборах газа для ТЭЦ из магистральных трубопроводов и т.д.

Рассматривая конкретные случаи использования собственных ресурсов станции для дополнительной выработки энергии, акцент был сделан на поиске относительно нового (не используемого в данный момент) способа. Поэтому понижен приоритет проектам, связанными с тепловыми насосами, турбодетандерами и т.д. Выбор был остановлен на энергии воды. В первую очередь, был отмечен факт относительно большого используемого количества водных ресурсов на станции, учитывая тот факт, что вода является основным рабочем телом (в различных агрегатных состояниях). При этом водные ресурсы используются во вторичных (технических циклах), причем в большем количестве, чем в основном, что также является немаловажным фактором. Следующий немаловажный фактор – подача воды на некоторую отметку, а значит и естественное падение потока с этой отметки до входного

патрубка циркуляционного насоса с соблюдением запаса для предотвращения кавитации. Отсюда необходимость определения параметров и характеристик для расчетов и последующего сравнения затраченной энергии к теоретически получаемой и оценка положительного или отрицательного эффекта в конкретном случае.

По полученным параметрам необходимо произвести поиск оборудования. В первую очередь, оборудования, которое возможно для установки, во вторую очередь, самого эффективного оборудования, как с точки зрения получаемой энергии, так и с точки зрения экономического эффекта, в частности срока окупаемости.

Но еще один немаловажный фактор для оценки количества возможной производимой электроэнергии с помощью гидротурбин – это напор. Максимальная разница между наивысшей (уровень воды в бассейне градирни) и наименьшей точкой (уровень входного патрубка погружного насоса) может достигать величины 2,5 м. Но с учетом некоторых моментов, возможный напор для использования будет составлять 1,5-2 м. На основе этих параметров и ведется поиск подходящего оборудования. Данные параметры характерны для теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), где применяется преимущественно обратная система охлаждения. На станциях, где используется прямоточная система охлаждения, в частности с созданием водохранилищ и плотин, показатели возможного напора могут быть больше, однако в данном случае использование гидротурбин будет не чем иным, как созданием малой ГЭС.

Естественно, самый оптимальный вариант будет в случае, когда будет возможно максимально использовать напор и расход охлаждающей воды, соответственно для получения максимального количества энергии, и, следовательно, большей экономии и лучшего соотношения производимой энергии к затраченной энергии на собственные нужды. Однозначен тот факт, что неправильным будет сравнение производимой энергии в данном случае с производимой энергией от обычных ГЭС, так как характеристики и способ использования ресурсов различны.

Но, вероятно, можно принять за положительный результат тот случай, когда получится даже частично использовать энергию потока воды для покрытия определенных собственных нужд станции.

Рассматривая некоторые преимущества данного решения использования гидротурбин, можно отметить: отсутствие необходимости большой модернизации станции, экологичность, малое влияние на основной цикл станции, отсутствие топливных затрат.

УДК 620.92

АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ МАЛЫХ ГЭС С КОМБИНАЦИЕЙ СЭС В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

МЕСТНИКОВ Н.П., СВФУ, г. Якутск

Науч. рук. канд. г. наук, профессор КОНСТАНТИНОВ А.Ф.

Функционирование энергетики Севера республики характеризуется сложной транспортной схемой доставки топлива с несколькими перевалками. Высокая стоимость топлива в местах потребления, низкие технико-экономические показатели существующих энергоисточников малой мощности приводят к высокой себестоимости производства электроэнергии и тепла (в России ежегодно на завоз топлива в северные регионы затрачивается более 16 млрд руб, в том числе в северные районы РС(Я) – свыше 7 млрд руб) [2].

В данное время решениями данной проблемы являются комбинированные электрические станции, такие как [1]:

1. ДЭС + МГЭС (при непостоянных расходах воды в реке ДЭС + СЭС + МГЭС);
2. ДЭС + ВЭУ + СЭС;
3. МГЭС + ВЭС;
4. ДЭС + БПГЭС и т.д.

СЭС выполняет роль вспомогательного источника электроэнергии, доля электроснабжения которой составляет от 10 % до 20 %. Приводятся данные ТЭП СЭС-20 кВт в с. Дулгалах АО «Сахаэнерго» за 2016 год:

Таблица № 1. Выработка э/э в СЭС-20 кВт в с .Дулгалах, тыс.кВт*ч

Январь	Февраль	Март	Апрель
0	1, 385	2, 33	3,551
Май	Июнь	Июль	Август
4, 019	2, 781	2, 578	1, 756
Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
2, 22	1, 637	0, 749	0

Следует отметить, что СЭС в период с 1 декабря по 31 января отключается, так как действует период «полярной ночи». Поэтому эксплуатация приостанавливается на 2 месяца.

Далее расчет сэкономленного топлива ДЭС по населенным пунктам, согласно данным ТЭП АО «Сахаэнерго»:

Таблица № 2. Сэкономленное топливо в РЭС за счет работы МГЭС

Населенный пункт	Июнь, тнт	Июль, тнт	Август, тнт	Сентябрь, тнт	Итого, тнт
Белая Гора	122,624	96,943	104,807	145,56	469,934
Оленёк	117,684	85,486	108,327	172,029	483,526
Себян-Кюель	13,883	11,959	12,78	20,165	58,787
Населенный пункт			Итого (+ транспортные расходы 10 %), млн. руб		
Белая Гора			18,40		
Оленёк			18,93		
Себян-Кюель			4,25		

Следует рассчитать окупаемость данных проектов. В секторе «Прибыль» будут включены дополнительные средства, взятые из сэкономленных средств дизельного топлива (50% – из экономии).

Таблица № 3. Расчет окупаемости проектов МГЭС

Населенный пункт	Прибыль от э/э, млн руб	Срок окупаемости, год
Белая Гора	1,6805	12
Оленек	1,7295	17,38
Себян-Кюель	0,367	9,31

Литература

1. Безруких П.П. Что может дать энергия ветра // Энергия: экономика, техника, экология. – 2000. № 2. – С. 13-24.
2. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 104 с.
3. Константинов А.Ф. Нетрадиционные энергоисточники Якутии / отв. ред.: Н.С.Бурянина. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006. – 212 с.
4. Монахова И.А. Международный конгресс по нетрадиционной энергетике // Энергия: 2000, № 2, – С. 10-12.
5. Непорожный П.С., Обрезков В.И. Гидроэнергетические ресурсы. – М.: Энергоиздат, 1982. – 304 с.
6. Пополов А. Энергетика третьего тысячелетия // Снабженец. – 2001. № 35. – С.52-56.
7. Техничко-экономические показатели РЭС северных районов РС(Я) на 01.01.2015 Министерство ЖКХ и энергетики РС(Я).
8. www.rushydro.ru- Официальный сайт компании ОАО «Русгидро».

УДК 628.3: 665.6

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА И КИНЕТИКИ
АДСОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ МОДИФИЦИРОВАННЫМ
КАРБОНАТНЫМ ШЛАМОМ**

МИННЕЯРОВА А.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент НИКОЛАЕВА Л.А.

В настоящее время одной из ведущих отраслей производственного сектора Республики Татарстан является химическая и нефтехимическая промышленность, на объектах которой образуется значительное количество сточных вод (СВ) с содержанием нефтепродуктов (НП). Повышение требований к значениям нормативно-допустимого сброса (НДС) СВ требует более эффективных и экологичных способов их очистки. Одним из таких методов доочистки СВ от растворенных НП является адсорбция.

В ранних работах [1] был разработан гранулированный гидрофобный сорбционный материал (СМ) на основе карбонатного шлама химводоподготовки ТЭС. Были определены его технологические характеристики, изучена адсорбция в статических условиях, построены изотермы и изостеры адсорбции, определены константы уравнения и константы скорости адсорбции и рассчитаны такие показатели, как энергия Гиббса, дифференциальная теплота адсорбции и энергия активации по уравнению Аррениуса.

Целью проведения экспериментальных исследований было определение механизма диффузии, протекающей на границе СМ и исследуемого раствора. Для этого исследован механизм адсорбции растворенных НП гранулами СМ из модельных растворов методом прерывания или «кинетической памяти». На лабораторном встряхивателе устанавливали семь колб с объемом модельного раствора в каждой колбе 200 см^3 , навеска СМ в каждой колбе – 1 г. Время контакта гранул СМ с модельным раствором 0,33; 0,66; 1; 2; 4; 5; 7 часов. Прерывание процесса проводилось при 1 и 2 часах на 40 минут. По истечении 40 минут процесс адсорбции продолжался до указанного времени, затем вода отфильтровывалась от СМ через бумажный фильтр и в фильтрате

определялась концентрация растворенных НП. Величину адсорбции A , мг/г, рассчитывали по формуле:

$$A = \frac{C_{исх} - C_p}{m} \cdot V,$$

где $C_{исх}$, C_p – исходная и равновесная концентрация НП, мг/л; V – объем модельного раствора, л; m – навеска гранул СМ, г.

По полученным результатам построена кинетическая кривая.

Литература

1. Николаева Л.А. Сорбционные свойства шлама осветлителей при очистке сточных вод электростанций от нефтепродуктов / Л.А. Николаева, Е.Н. Бородай, М.А. Голубчиков // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2011. – №1–2. – С. 132–137.

УДК 543.054.2

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

МУРТАЗИНА Г.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор НОВИКОВ В.Ф.

Органические растворители широко используются в промышленности в качестве селективных экстрагентов, участвуют в сорбционных процессах, а также выполняют транспортную функцию жидкостной и колоночной хроматографии. Малые концентрации растворителей хорошо сорбируются пористыми материалами, что широко применяется в энергетической отрасли промышленности для очистки водной среды ТЭЦ от приоритетных загрязнителей [1].

Для очистки сточных вод от приоритетных загрязнителей водной среды предприятий мы использовали различные по физико-химической природе сорбенты. С этой целью готовили хроматографические колонки длиной 100 мм, внутренним диаметром до 4 мм, которые подключались к вials с растворителем, в качестве которых использовали воду. Стекланные трубки заполняли различными по природе сорбентами. В виалу заливали воду, которая за счет капиллярных сил адсорбента поднималась по поверхности сорбента. Через каждые 10 мм фиксировали время удерживания воды сорбента, и определяли сорбционную емкость

[2]. Была определена сорбционная емкость природного цеолитсодержащего сорбента по отношению к дистиллированной воде, которая составила 621 мг на 1 грамм твердого носителя.

В таблице 1 приведены времена удерживания воды на природном цеолитсодержащем сорбенте, полученном на основе цеолитсодержащих пород Татарско-Шатрашановском месторождении Республики Татарстан.

Таблица 1.

№ опы-та	Время удерживания воды, через каждые 10 мм, с.									N, мг/г
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	
1	85	271	636	1338	2471	4011	5917	8556	11798	621
2	154	551	663	1105	2054	2736	3958	5385	6632	659
3	28	163	526	1004	1773	2641	3673	5283	7023	690

Литература

1. Новиков В.Ф. Оценка сорбционных свойств органических растворителей / В.Ф. Новиков, В.Ф., А.Л. Осипов, Л.М. Гиниятова и др. // Периодический научный сборник «Современные тенденции развития науки и технологии». – Белгород, 2016, – с.129-131.

2. Муртазина Г.Р. Исследование сорбционных свойств диатомитовых твердых носителей./ Г.Р. Муртазина, В.Ф. Новиков // Материалы докладов XX Аспирантско-магистерского научного семинара, посвященного Дню энергетика. – Казань, 2016, – 312-313 с.

УДК 543.054.2

АДСОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

МУРТАЗИНА Г.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор НОВИКОВ В.Ф.

Как известно, в качестве твердых поглотителей газов и паров органических и неорганических веществ могут выступить самые разнообразные материалы с высокой удельной поверхностью, такие как

активированный уголь, алюмосиликаты, ионообменные смолы, синтетические вещества и цеолиты. Эти природные и синтетические пористые материалы достаточно широко применяются в энергетической отрасли промышленности в качестве селективных адсорбентов, которые за счёт своей сильно развитой поверхности поглощают различные химические вещества, что используется при очистке трансформаторных масел, сточных вод и газовых выбросов загрязняющих веществ.

Особенно широко в технологических процессах используются цеолиты, которые имеют кристаллическое строение с чётко выраженными структурными особенностями. Они в своей структуре имеют мельчайшие полости, которые сообщаются между собой через «окна» (поры). Общий объём пор может достигать половины всего объёма кристалла цеолита, размер пор мал и все они имеют одинаковый размер, который составляет от 0,3 до 1,3 н.м. Поры цеолитов имеют молекулярные размеры, вследствие чего они обладают ситовыми свойствами, т.е. могут адсорбировать молекулы только определенного размера, ограниченного размерами пор конкретного цеолита. Цеолиты типа А имеют поры от 0,3 до 0,5 нм, типа Х от 0,8 до 1,3 нм, и типа Y от 0,8 до 0,9 нм.

Синтетические цеолиты относятся к относительно дорогостоящим продуктам и их использование в технологических процессах является затратным. В последнее время стали широко использовать природные цеолитсодержащие породы, которые имеют значительно более низкую стоимость, что позволяет сэкономить материальные ресурсы. Однако недостаточная изученность сорбционной способности природных цеолитов не позволяет в полной мере использовать их полезные свойства. В начале 90-х годов в Республике Татарстан было сделано крупное геологическое открытие природных цеолитов, которое является перспективным сырьём нерудных ископаемых [1]. В 2016 году на базе этого месторождения был построен завод, который начал выпускать различные фракции цеолитсодержащих пород.

С точки зрения использования природных цеолитов в энергетической отрасли промышленности представляет определенный интерес их применение для очистки водных средств от примесей приоритетных загрязнителей окружающей природной среды. Ранее природные цеолиты Татарско-Шатрашановского месторождения были использованы нами в различных технологических процессах. Установлено, что в цеолитсодержащей породе до 90 % мезопор имеют размеры от 5 до 50 нм [2]. Это позволило использовать цеолитсодержащие породы в

качестве селективных адсорбентов для очистки загрязненного воздуха [3-4] и создать на их основе лабораторные установки [5].

С целью более детального исследования природных цеолитов нами определены сорбционные свойства в сравнении с синтетическими материалами методом восходящей жидкостной колоночной хроматографии. Была сконструирована установка, состоящая из виалы, заполненной органическими растворителями и градуированной сорбционной колонки, на которой проводили исследование активных свойств органических растворителей по отношению к ряду сорбционных материалов.

Литература

1. Цеолитсодержащие породы Татарстана и их применение / А.И. Буров [и др]; под ред. А.В. и А.И.Бурова – Казань: издательство «Фэн» АН РТ, 2001, – 176 с.

2. Каратаев О.Р. Влияние кислотной обработки на текстурные характеристики цеолитсодержащих пород / О.Р. Каратаев, В.Ф. Новиков, Э.А. Каралин // Вестник Казанского технологического университета. – 2013, Т.6, № 10, – с.55-56.

3. Новиков В.Ф., Каратаев О.Р., Карташова А.А., Каратаева Е.С., Танеева А.В. Способ получения адсорбента. Патенты на изобретение, №2566141, опубл. 20.10.2015, Бюл. № 29.

4. Каратаева Е.С., Новиков В.Ф., Каратаев О.Р., Гиззатуллин А.Р., Каратаев Р.Н., Способ очистки загрязненного воздуха. Патент на изобретение №2543859, опубл. 10.03.2015, Бюл № 7.

5. Каратаева Е.С., Новиков В.Ф., Каратаев О.Р., Гиззатуллин А.Р., Каратаев Р.Н. Установки для очистки загрязненного воздуха. Патент на полезную модель №134440, опубл. 20.11.2013, Бюл № 32.

УДК 621.184.76

К ВЫБОРУ ТЕПЛОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

НАГИМОВА Э.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ГУСЯЧКИН А.М.

В России сложившаяся система теплоснабжения организована как система централизованного теплоснабжения (СЦТ). С помощью систем

такого типа обслуживается 92 % городских и 20 % сельских жителей, т.е. примерно 73 % населения страны. Тепловые сети – наиболее дорогостоящий компонент этой системы.

Основным способом прокладки тепловых сетей в РФ на сегодняшний день является подземная канальная прокладка. В качестве теплоизоляционных материалов в каналах, как правило (порядка 90 %), используются изделия из минеральной ваты (маты и плиты). Увлажнение при длительной эксплуатации приводит к увеличению коэффициента теплопроводности. Фактический срок службы таких трубопроводов для магистральных сетей составляет 12-15 лет, распределительных и квартальных сетей – 7-8 лет, т.е. значительно ниже нормативного, равного 25 годам. Утечки и неучтенные расходы воды в системах теплоснабжения, по данным некоторых источников, составляют в среднем по России 15-20 % от всей подачи воды в год, а тепловые потери достигают 50 %.

По мнению многих специалистов, выходом из этой ситуации является использование при строительстве и ремонте тепловых сетей трубопроводов с пенополиуретановой (ППУ) и пенополимерминеральной (ППМ) изоляцией. Каждая из этих конструкций имеет свои преимущества и недостатки.

Выбор типа тепловой изоляции и ее толщины нами предлагается осуществлять по удельным годовым приведенным затратам (на 1 погонный метр трубопровода), позволяющим объективно сравнить разные варианты при помощи единого стоимостного критерия с учетом стоимости материалов, срока их службы, затрат на строительство тепловых сетей.

Нами выполнены сравнительные расчеты удельных приведенных затрат на использование пенополиуретановой (ППУ) и пенополимерминеральной (ППМ) изоляций с толщиной 41 мм и 45 мм соответственно с трубопроводом $d_{\text{усл}}=150$ мм, производимых промышленностью, для подземного канального способа прокладки тепловых сетей.

Удельные приведенные затраты (руб/год·м) определялись по формуле:

$$П = (p_{\text{и}} + E_{\text{н}}) \cdot K_{\text{и}} + C_{\text{т.п.}} = \min$$

где $p_{\text{и}}$ – годовые отчисления от стоимости изоляции в долях от единицы, 1/год; $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, 1/год; $K_{\text{и}}$ – стоимость одного погонного метра тепловой изоляции, руб/м; $C_{\text{т.п.}}$ – годовая стоимость тепловых потерь одним погонным метром теплопровода, руб/год.

Выяснилось, что наиболее выгодным вариантом для этого способа прокладки трубопроводов на сегодняшний день является использование ППУ изоляции с толщиной 45 мм. Расчеты показывают, что для подземной прокладки выгоднее использовать трубопроводы и с меньшей толщиной этой изоляции.

Используя удельные годовые приведенные затраты в качестве стоимостного критерия, можно выбрать наиболее выгодный вариант тепловой изоляции трубопроводов при различных способах их прокладки.

УДК 621.646.4

ПРОВЕРКА И НАСТРОЙКА РЕГУЛЯТОРОВ ДАВЛЕНИЯ

НАЗМЕЕВ Э.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ГУСЯЧКИН А.М.

По статистике около 60 % всех разрушений (прорывов) трубопроводов в системах водоснабжения и теплоснабжения возникают из-за гидроударов, которые представляют собой кратковременный, резкий и значительный скачок давления в трубе, возникающий в результате внезапного изменения скорости потока жидкости. Предотвратить аварийную ситуацию можно, регулируя давление потока жидкости в трубе. Кроме того, отопление большинства жилых и общественных зданий высотой менее 12 этажей присоединяется к тепловым сетям по наиболее простой зависимой схеме. В тепловых пунктах таких потребителей необходимо предусмотреть регуляторы давления, чтобы избежать чрезмерного повышения давления в системах отопления.

Регуляторы бывают двух видов: поршневые и мембранные. Мембранные регуляторы давления обладают высокой надежностью, они не подвержены отказам, носящим внезапный характер, но имеют серьезный недостаток: имеют недостаточную долговечность, связанную, прежде всего, с процессом естественного старения резины с течением времени.

Поршневые регуляторы имеют следующие преимущества: срок службы самого поршня практически неограничен, замене подлежат только уплотнения и сальники; исключается такой вид отказов, как постепенный износ, связанный со старением материалов.

В настоящее время на рынке предложен большой ассортимент регуляторов, но они в основном имеют высокую стоимость.

В «ООО НПП Агрегат» (г. Казань) разработана серия поршневых регуляторов РДПВ «после себя», не уступающих своим аналогам по характеристикам, но имеющих меньшую себестоимость и габариты.

После изготовления регуляторов необходимо произвести их настройку и проверку работоспособности. Для этого нами в «ООО НПП Агрегат» был разработан и изготовлен стенд для проверки и настройки регуляторов давления (рис. 1).

Насос НН1 подает воду из емкости Е1 по трубам к испытуемому регулятору давления РД1, которая затем через вентили КШ1 сливается обратно в емкость Е1. Блок вентилей КШ1 позволяет плавно изменять давление и расход воды в системе. Повышая давление после регулятора с помощью вентилей КШ1, сначала производят настройку регулятора на необходимое давление, а затем проверяют работоспособность и стабильность работы регулятора.

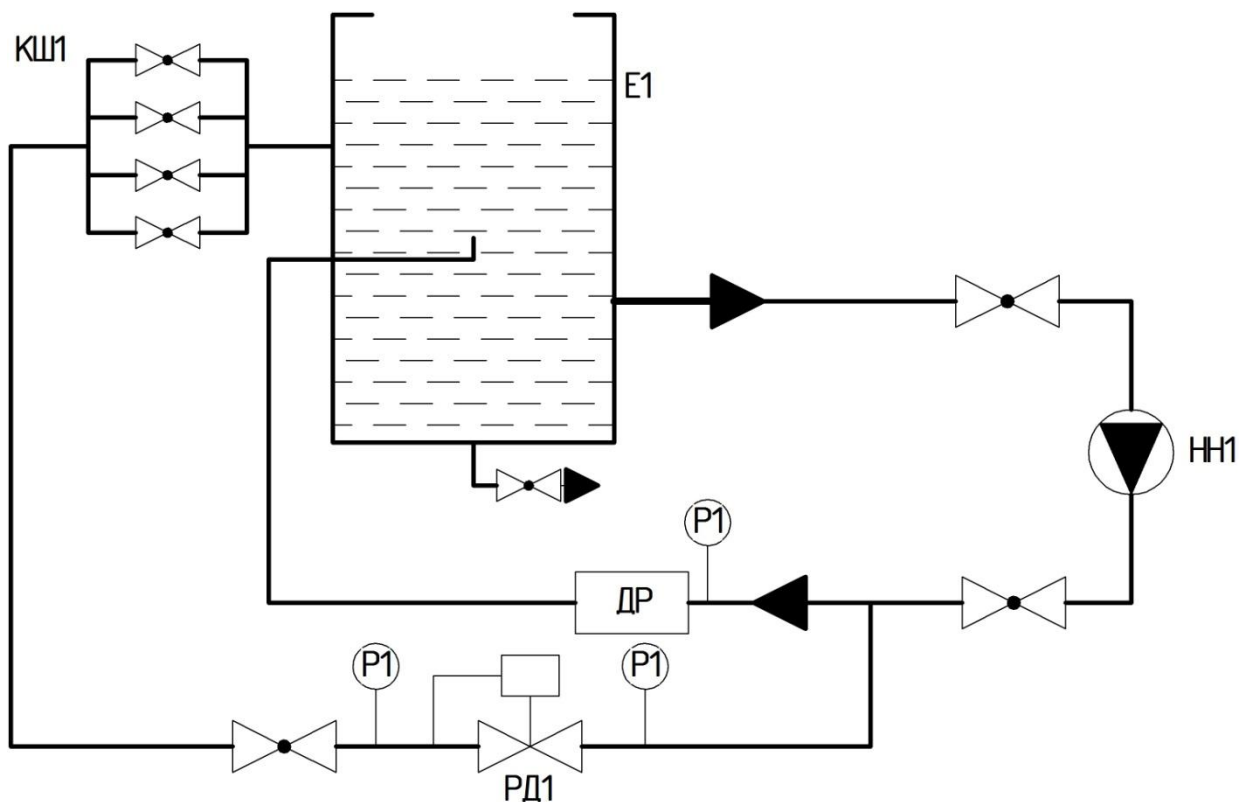


Рис. 1 Принципиальная схема стенда для проверки регуляторов. Е1 – емкость; Р1 – манометры показывающие; ДР – предохранительный клапан; НН1 – насос нагнетающий гидравлический; РД1 – испытуемый регулятор давления; КШ1 – вентили регулировочные

Предохранительный клапан ДР пропускает воду из линии нагнетания в емкость Е1 при чрезмерном повышении давления в подающей магистрали, предохраняя стенд от разрушения при неисправном испытуемом регуляторе. Насос может создать рабочее давление жидкости в нагнетающей линии до 2,5 МПа.

На этом стенде нами были проведены испытания опытных образцов регуляторов РДПВ-200, рабочее давление которых на входе не более 2,5 МПа, на выходе 0,4-1,5 МПа. Испытания показали, что стенд работает стабильно, испытанные образцы регуляторов соответствуют заявленным техническим характеристикам, способны работать с загрязненной водой, имеют высокую стабильность работы.

УДК 543.054.2

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

НИГМАТУЛЛИН Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор НОВИКОВ В.Ф.

Органические растворители широко используются в различных отраслях промышленности для очистки машин и механизмов от загрязняющих веществ, в качестве селективных экстрагентов, растворителей лаков, красок и эмалей, и других. Особенно большое значение органические растворители имеют при использовании в хроматографических методах анализа в качестве элюэтов.

В настоящей работе методом жидкостной восходящей колоночной хроматографии изучены сорбционные свойства пористого полимерного сорбента «Полисорб» (сополимер стирола и дивинилбензола) по отношению к различным по природе органическим растворителям, неполярным, донорным, акцепторным и способным к образованию межмолекулярных водородных связей. Установлен механизм сорбции органических растворителей на «Полисорб» и найдены закономерности влияния длины сорбционного слоя на абсолютное время удерживания стандартных сорбатов. Определена сорбционная ёмкость органических растворителей по отношению к «Полисорбу» и установлено, что она зависит от природы используемых в эксперименте растворителей.

УДК 620.92

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ ГАЗИФИКАЦИИ ВУТ В ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ

НИЗАМОВ И.С., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор МИНГАЛЕЕВА Г.Р.

В качестве объекта для сжигания мы рассмотрим водоугольное топливо (ВУТ), смесь из мелкоизмельчённого угля и воды, которое является жидким топливом. ВУТ может использоваться в качестве замены мазута, газа и угля. При термической переработке ВУТ происходит газификация содержащегося в нем угля с образованием синтез-газа, который вступает в реакцию с продуктами разложения воды (водород и кислород). Благодаря этому достигается почти полное сгорание топлива (до 98 %). Газификация является более эффективным и чистым процессом, чем сжигание.

Газификация используется в теплогенераторах, печах, котлах для получения тепловой энергии; в газовых турбинах и двигателях внутреннего сгорания для выработки электрической энергии.

В настоящее время созданы крупные демонстрационные установки мощностью 100...300 МВт с применением в основном парокислородной газификации угольной пыли и мокрой очистки генераторного газа. КПД этих установок составляет 41...44 %. Основными разработчиками и лидерами в этой отрасли являются General Electric, Siemens и Mitsubishi.

В составе газов получены при газификации водоугольного топлива на основе Кузнецкого угля и Ирша-Бородинского, содержатся монооксид углерода (CO), водород (H₂), метан (CH₄), диоксид углерода (CO₂) и вода (H₂O). При дальнейшем расчете определялись значения теплотворной способности газов и теоретической энтальпии продуктов их сгорания, соответственно: для ВУТ, приготовленного на основе Кузнецкого угля марки Т при температуре газа 1000 К, значения составили соответственно – 11200 кДж/м³ и 2068,8 кДж/м³; 1300 К – 12254 кДж/м³ и 2799,55 кДж/м³; 1700 К – 11300 кДж/м³ и 3856,6 кДж/м³; для ВУТ на основе Ирша-Бородинского угля при температуре газа 1000 К – 7181 кДж/м³ и 1749,75 кДж/м³; 1300 К – 7200 кДж/м³ и 2344,2 кДж/м³; 1700 К – 7195 кДж/м³ и 3187,3 кДж/м³.

Значения энтальпии продуктов сгорания необходимы для последующего расчета эффективности работы ГТУ-2,5П при работе на генераторных газах.

УДК 622.663.3

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ШАХТНОЙ КАЛОРИФЕРНОЙ УСТАНОВКИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОЙ ЗАВЕСЫ В ВОЗДУХОПОДАЮЩЕМ СТВОЛЕ

НИКОЛАЕВ А.В., ПНИПУ, г. Пермь

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор АЛЫМЕНКО Н.И.

В холодное время года Правилами безопасности предписывается подаваемый в шахтные стволы воздух нагревать до температуры не ниже $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом данному значению температуры должен соответствовать весь объем воздуха, поступающего по стволу во всем его сечении. Однако данные требования на практике не соблюдаются. Связано это с тем, что в воздухоподающий ствол поступает два потока воздуха: нагретый в шахтной калориферной установке (ШКУ), подаваемый по калориферному каналу и подсасываемый через надшахтное здание за счет общешахтной депрессии. Вследствие этого на практике поступающий из ШКУ воздух нагревают до гораздо большей температуры, чем требуется, в результате чего в стволе нередко существенно превышает значение температуры, установленной Правилами безопасности. При этом в воздухоподающих стволах присутствуют участки, температура воздуха в которых незначительно превышает значение $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$, что свидетельствует о низкой эффективности существующего способа управления температурным режимом и о возможности возникновения нештатной ситуации, связанной с его нарушением. Кроме того, повышение температуры подаваемого из ШКУ воздуха выше требуемого значения, приводит к неоправданно высоким затратам энергоресурсов, а наличие в стволе зон с различной температурой может привести к возникновению «воздушной пробки» в нем.

С целью повышения эффективности воздухоподготовки предложено в воздухоподающем стволе выше сопряжения калориферного канала с ним устанавливать воздушную завесу (рисунок).

В этом случае, за счет работы воздушной завесы, в воздухоподающий ствол через надшахтное здание будет подсасываться

меньшее количество холодного наружного воздуха, т.е. процесс смешивания холодного и нагретого (поступающего из ШКУ) потоков воздуха потребует меньших затрат энергоресурсов на воздухоподготовку. Также облегчается процесс управления смешиванием потоков воздуха, в результате чего появляется возможность нормализовать температурный режим в воздухоподающих стволах по всему сечению.

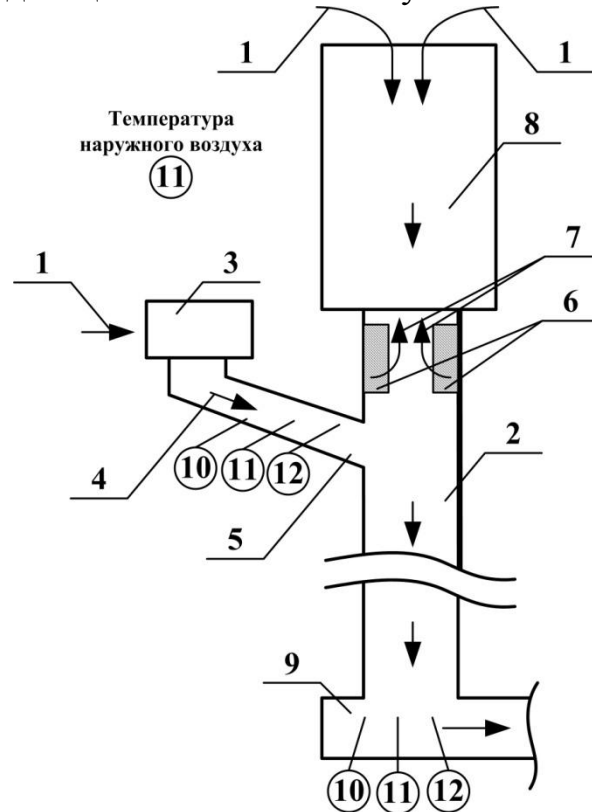


Рис. Предлагаемый способ работы шахтной калориферной установки (ШКУ):
 1 – наружный воздух; 2 – воздухоподающий ствол; 3 – ШКУ; 4 – нагретый в ШКУ воздух; 5 – калориферный канал; 6 – воздушная завеса; 7 – воздух, выдаваемый из воздушной завесы; 8 – надшахтное здание; 9 – околоствольный двор; 10 – датчик расхода воздуха; 11 – датчик температуры; 12 – датчик давления

Процесс воздухоподготовки предлагается контролировать при помощи системы автоматизации. С этой целью в калориферном канале и околоствольном дворе воздухоподающего ствола необходимо установить датчики для измерения температуры, давления и расхода воздуха. Информация с датчиков будет поступать на программируемый микроконтроллер (ПЛК), который будет управлять теплопроизводительностью ШКУ. Информация о температуре наружного воздуха будет поступать в ПЛК с соответствующего датчика температуры.

В ходе численных расчетов было установлено, что при использовании предлагаемого способа (на примере рудника БКПРУ-2

ПАО «Уралкалий») затраты энергоресурсов на воздухоподготовку снизятся примерно на 18 %. С учетом объема природного газа, расходуемого на воздухоподготовку, а это сотни м³/ч за отопительный период, предлагаемый способ работы ШКУ позволит повысить энергоэффективность работы подземных горнодобывающих предприятий.

УДК 621.891

ИЗБИРАТЕЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС ПРИ ТРЕНИИ И СОЗДАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР

ОГАР Р.Н. КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент НЕУМОИНА Н.Г.

Проблема износостойкости деталей машин – это проблема их долговечности и надежности. Учет физико-химических процессов, протекающих в поверхностных слоях трущихся тел, приводит к пересмотру традиционных представлений о методах борьбы с износом.

Д.Н. Гаркунов и И.В. Крагельский предложили принципиально новый путь борьбы с износом, заключающийся в предельном снижении прочности поверхностного слоя и освобождении его от пленок, мешающих свободному формоизменению. Для повышения износостойкости поверхностного слоя ему придают максимальную подвижность, обеспечивающую высокую скорость релаксации возникающих при трении напряжений. При таких условиях в поверхностном слое не должны накапливаться дефекты, приводящие к усталостному разрушению, – должен протекать процесс «самозалечивания». Этот способ получил название эффекта «избирательного переноса».

Известно, что высокое качество двигателей внутреннего сгорания во многом обеспечивается правильной приработкой деталей. Приработка – это изменение геометрии поверхностей трения и физико-механических свойств поверхностных слоев материалов в начальный период трения, проявляющийся при постоянных внешних условиях в уменьшении силы трения, температуры и интенсивности изнашивания (ГОСТ 23.992–78). Приработку деталей двигателей производят в период их стендовой обкатки на заводах и эксплуатационной обкатки в ремонтных хозяйствах.

Обкатка – заключительная технологическая операция, качественное проведение которой позволяет уменьшить отказы в период эксплуатации и повысить ресурс двигателей. На обкатку автомобильного двигателя

требуется 30 ч, что соответствует 1000 км пробега автомобиля. Столь длительное время обкатки вызывает необходимость ее ускорения. Это возможно осуществить благодаря применению приработочных присадок, которые вводятся в двигатель с воздухом, топливом и добавляются к смазочному маслу, а также изменением режимов и условий проведения обкатки (нагрузки, частоты вращения, длительности режимов, температуры воды, масла).

Наиболее популярными присадками для восстановления нормальной работы двигателя являются: «Liqui Moly», «Suprotec», «Хадо».

Основными задачами присадок являются:

- снижение расхода топлив;
- уменьшение потерь масла;
- эффект реставрации в местах трения;
- продление срока эксплуатации изношенных деталей;
- возвращение работоспособности определенных элементов.

Принцип действия присадки состоит в следующем. Попадая в моторное масло, присадки образуют органометаллокерамический жидкий кристалл, в результате чего стенки трущихся пар деталей покрываются монокристаллами из металлических и керамических микрочастиц. В состав присадок входят кобальт, ниобий, никель, тантал, платина и многие другие компоненты, которые осуществляют легирование на глубину до 200 мкм в местах трения различных механизмов и узлов силовой установки.

Присадки способны выравнять геометрию деталей, форма которых отклонилась от нормальной. Также они создают слой, предотвращающий ускоренное старение и механическое разрушение компонентов ДВС и позволяют подвергать двигатель значительным нагрузкам, снижая риск выхода из строя.

Существует группа присадок, направленных на возвращение эластичности старой резины сальников, предотвращая и устраняя течи.

Задачей работы является исследование процесса избирательного переноса на примере двигателя внутреннего сгорания и выбор лучшей работающей на практике фрикционной присадки.

УДК 658.26

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ

ПАНОВ Д.Ю., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ДЕНИСОВА А.Р.

Энергосбережение является актуальным и необходимым условием нормального функционирования административных зданий, так как повышение эффективности использования ТЭР при росте цен электрической и тепловой энергии позволяет добиться существенной экономии.

Для достижения максимального эффекта программа энергосбережения в административном учреждении или организации должна быть сфокусирована на трех основных энергоресурсах: электрической, тепловой энергии и водоснабжении.

Приведем основные положения программы по энергосбережению в административном учреждении или организации, которая сводится к перечню мероприятий по эффективному электро-, тепло- и водоснабжению.

Мероприятия по эффективному электроснабжению

1. Реконструкция системы освещения с сохранением нормативного уровня освещенности (установка энергосберегающих осветительных приборов, система управления освещением).

2. Установка современных светильников (светодиодных, индукционных, люминисцентных с опаловым рассеивателем).

3. Автоматизация освещения, разделение освещения на группы.

4. Применение беспроводных интеллектуальных решений для освещения. Они включают в себя системы управления датчиков движения, самодиагностику (реагирует на факты кражи), стабилизатор входящего напряжения (обеспечивает устойчивость работы).

Мероприятия по эффективному теплоснабжению

1. Замена теплового узла на автоматизированный индивидуальный тепловой пункт (ИТП). Это позволит регулировать подачу тепла в зависимости от погодных условий, снизить теплопотребление в ночное время.

2. Применение стеклобазальтопластиковых труб. Имеет следующие преимущества: отсутствие любых видов коррозии, термостабильность, малый вес (в 4 раза легче стальных труб).

3. Применение пенополиуретанной теплоизоляции. Это позволит снизить тепловые потери в 10 раз до 2 %, годовые расходы на эксплуатацию в 9 раз, расходы на текущий ремонт в 3 раза, а также коррозию металла.

4. Установка радиаторных термостатов. Экономия тепловой энергии при данной модернизации составит – 15 %, в стоимостном выражении – 0,012 тыс. руб./($m^2 \cdot \text{год}$), срок окупаемости около одного-двух лет.

5. Установка приборов учета тепловой энергии. Эффект для потребителя – экономия денежных средств, для поставщика – контроль потребления, поиск мест утечек.

6. Применение автоматических дверных доводчиков на входных дверях. Производится с целью сокращения времени поступления холодного воздуха при открытии входных дверей.

7. Утепление внутренних перегородок. Позволит избежать самопроизвольных теплоперетоков из помещений с комфортными условиями в помещения с более низкими требованиями к микроклимату.

Мероприятия по эффективному водоснабжению

1. Установка регулируемого привода. Позволит увеличить срок службы насосного оборудования в 3 раза за счет снижения вероятности гидроударов.

2. Системы мониторинга и регулирования параметров воды в диктующих точках. Данный метод приводит к сокращению нерационального расхода воды (до 9 %).

3. Системы быстрой локализации утечек. Позволит существенно экономить на объеме потерянной воды вследствие аварий.

4. Применение автоматических сенсорных смесителей. Это позволит экономить до 50 % горячей и холодной воды и является очень эффективным энергосберегающим мероприятием.

5. Важной частью водоподготовки является деаэрация воды, ведь во многих котельных она либо не проводится, либо проводится некачественно. Рекомендуется применять новый тип деаэраторов – щелевые.

УДК 620.9

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД СОЛЕВОГО МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА

ПРОНЬКИНА А.В., ГАЛУЩАК В.С., КТИ (филиал) ВолгГТУ,
г. Камышин

Науч. рук. к-т техн. наук, доц. ЛЕБЕДЕВА Ю.В

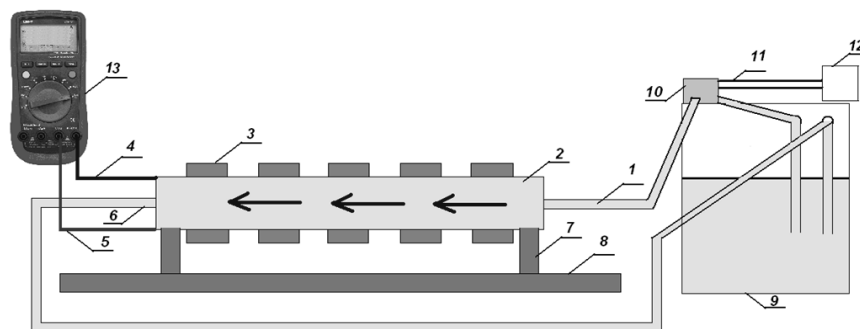
На кафедре ЭПП Камышинского технологического института создан студенческий кружок. Цель его работы заключается в разработке устройства магнитогиродинамического (МГД) генератора и определения условий его эффективной работы.

Интерес к данной тематике связан с неоспоримыми достоинствами применения МГД генераторов: отсутствием подвижных узлов (нет потерь на трение); возможностью повышения коэффициента полезного действия электростанций; высокой маневренностью; снижением выбросов вредных веществ и т.п.

Принцип работы магнитогиродинамического генератора, как и обычного машинного генератора, основан на явлении электромагнитной индукции. В отличие от машинных генераторов проводником в МГД генераторе является само рабочее тело.

Рабочим телом МГД генератора могут служить: электролиты; жидкие металлы; плазма, которые движутся поперёк магнитного поля. Под действием магнитного поля возникают противоположно направленные потоки носителей зарядов, которые отклоняются от первоначальной траектории (на заряженную частицу действует сила Лоренца).

В студенческом кружке создали неразборную рабочую модель МГД генератора. Модель состоит из канала, по которому движется рабочее тело (водный раствор солей), системы магнитов и электродов, отводящих полученную энергию; насосного устройства для циркуляции воды; блока питания и цифрового мультиметра марки UNI-T UT61 D (рисунок). Питание МГД генератора осуществляется от источника постоянного напряжения $U_m = 11 \div 12$ (В).



Конструкция неразборной модели МГД генератора:

1 – гибкая трубка для подвода рабочего тела (водного раствора) во входное отверстие канала; 2 – канал; 3 – система неодимовых магнитов для создания магнитного поля; 4, 5 – электроды, для подключения мультиметра; 6 – гибкая трубка для вывода рабочего тела из выходного отверстия канала; 7 – крепление подставки; 8 – подставка; 9 – резервуар с водным раствором; 10 – насос; 11 – провода; 12 – блок питания; 13 – мультиметр

Поставлен ряд опытов по влиянию концентрации водного раствора на выходные параметры. Для проведения опытов использовались водные растворы (объем 3 литра): медного купороса, поваренной соли и морской соли разной концентрации, а также водный раствор морской соли с содой.

В процессе растворения соли наблюдается кратковременное увеличение параметров постоянного и переменного напряжений. Во всех опытах все показания тока находятся на уровне погрешности прибора.

УДК 543.054.2

РАСТВОРИТЕЛИ В ВОСХОДЯЩЕЙ КОЛОНОЧНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

САЙФИЕВА А.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор НОВИКОВ В.Ф.

Сорбционные процессы широко используются в промышленности для очистки технологических продуктов от сопутствующих примесей, изготовления на их основе катализаторов и ионообменных смол, очистки сточных и питьевых вод от приоритетных загрязнителей окружающей природной среды и др.

Особо важное и широкое применение адсорбенты нашли в качестве наполнителей хроматографических колонок, на которых осуществляется процесс разделения сложных смесей органических и неорганических

веществ на индивидуальные компоненты или группы соединений близкой физико-химической природы.

В колоночной жидкостной хроматографии широко применяются различные минеральные и природные адсорбенты, сорбционные свойства которых зависят от наличия в структуре их молекулы различных функциональных групп, способных вступать в межмолекулярные взаимодействия различной природы.

Основным компонентом в тонкослойной хроматографии являются готовые пластинки на основе силикагеля или оксидов алюминия, которые относятся к полярным адсорбентам. В то же время природные цеолитсодержащие породы для тонкослойной хроматографии применяются редко, что связано в основном с недостаточной изученностью их хроматографических характеристик.

Для устранения указанных недостатков и расширения ассортимента адсорбентов, используемых в тонкослойной хроматографии, нами проведено детальное изучение сорбционной способности цеолитсодержащих пород Татарско-Шатрашановского месторождения по отношению к органическим растворителям различной физико-химической природы. С этой целью использовался метод восходящей жидкостной колоночной хроматографии, когда подъем растворителя по сорбционному слою происходит в результате воздействия капиллярных сил. Были определены времена удерживания растворителей при подъеме их на расстояние 100 миллиметров от начала элюирования.

Литература

1. Новиков В.Ф., Снигирева Ю.В., Ялалаов И.Ф., Хабабутдинов Д.А., Гиниятова Л.М., Сайфиева А.Р. Изучение технологических свойств органических растворителей // Труды XVI Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение» – Казань, – 2016, – с. 456.

2. Новиков В.Ф., Осипов А.Л., Снигирева Ю.В., Танеева А.В., Никонова А.О, Хорошева Л.Р. Восходящая колоночная хроматография для очистки селективных свойств органических растворителей.// Труды XVI Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение». – Казань, – 2016, – с. 437-440.

3. Новиков В.Ф., Осипов А.Л., Гиниятова Л.М., Сайфиева А.Р. Оценка сорбционных свойств органических растворителей. Периодический научный сборник «Современные тенденции развития науки и технологии». – Белгород, – 2016, – с.129-131.

УДК 543.054.2

НОВЫЕ ПРИРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОРБЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

САЙФИЕВА А.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор НОВИКОВ В.Ф.

Для использования в различных технологических процессах широко применяются разнообразные сорбционные материалы. Наиболее часто синтетические цеолиты, которые характеризуются высокой сорбционной емкостью, используются для очистки водных и газообразных объектов от приоритетных загрязнителей окружающей природной среды, и применяются в качестве носителей в различных каталитических процессах.

Наряду с определенными достоинствами синтетические цеолиты обладают определенными недостатками, заключающимися в их относительно невысокой механической прочности и высокой стоимости.

В последнее время для замены синтетических цеолитов в различных технологических процессах стали использоваться природные цеолиты, которые обладают высокой сорбционной емкостью и характеризуются относительно невысокой стоимостью. Ранее нами было найдено, что природные цеолиты, полученные на основе Татарско-Шатрашановского месторождения, обладают высокой сорбционной емкостью, по отношению к тяжелым металлам.

В качестве растворителей использовались н-гексан, ацетон, метилэтилкетон. Определяем времена удерживания растворителей в условиях восходящей жидкостной колонок хроматографии.

Как видно из таблицы, времена удерживания растворителей и сорбционная ёмкость сорбента зависит от природы растворителей. Для ацетона характерны более высокие значения сорбционной ёмкости, чем для метилэтилкетона и нормального гексана.

Таблица. Времена удерживания растворителей

№ опы-та	Растворитель	Время удерживания растворителей в t сек, через каждые 10 мм.								Сорбционная ёмкость, мг/гр
		t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	
1	Н-гексан	52	129	241	370	533	742	1323	1725	436
2		53	164	317	535	774	1144	1517	1968	488
3		57	191	349	572	836	1201	1639	2194	439
4		59	174	335	546	809	1127	1521	1986	437
5		55	212	312	523	770	1090	1465	1930	500
Ср. арифмет.		55	174	311	509	744	1061	1228	1961	460
1	Ацетон	62	223	440	913	1516	2052	2661	3368	659
2		24	72	122	185	342	483	634	905	674
3		86	197	351	656	961	1465	1874	2262	677
4		29	86	167	242	397	532	707	881	697
5		34	106	196	312	503	717	969	1233	700
Ср. арифмет.		47	137	255	462	744	1050	1369	1730	681
1	МЭК*	47	122	192	377	619	863	1139	1380	476
2		34	155	360	628	960	1414	1990	2752	472
3		41	161	379	652	1010	1503	2050	2729	479
4		40	178	369	634	973	1410	1889	2595	508
5		36	146	357	610	934	1365	1911	2688	513
Ср. арифмет.		40	152	331	580	899	1311	1796	2429	490

* МЭК – Метилэтилкетон

Литература

- Новиков В.Ф., Осипов А.Л., Гиниятова Л.М., Сайфиева А.Р. Оценка сорбционных свойств органических растворителей. // Материалы XIII Международной научно-практической конференции. – Белгород, 2016. – С. 129-131.
- Новиков В.Ф., Снигирева Ю.В., Ялалов И.Ф., Хабабутдинов Д.А., Гиниятова Л.М., Сайфиева А.Р. Изучение технологических свойств органических растворителей // Труды XVI Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение». – Казань, 2016. – С.456.

УДК 620.98

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УВЕЛИЧЕНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ЖИЛИЩНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ СЕКТОРАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

СОРОКА О.А., СГТУ, г. Улан-Удэ

Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преподаватель СТАРИНСКИЙ И.В.

В настоящее время энергосбережение – одна из самых важных задач. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов, возрастающей стоимостью их добычи, а также с глобальными экологическими проблемами.

Энергосбережение – это рациональное энергоиспользование во всех звеньях преобразования энергии – от добычи первичных энергоресурсов до потребления всех видов энергии конечными пользователями[1].

В данный момент российские дома обладают низкой энергоэффективностью. Энергосберегающие технологии позволят решить сразу несколько задач: экономия энергоресурсов, решение многих проблем ЖКХ, снижение загрязнения окружающей среды, увеличение рентабельности предприятий. В стране расходуется около 40 % топливно-энергетических ресурсов для обеспечения тепла при различных климатических условиях России. Энергетическая оценка определяется долей потребленного тепла, замеренного на счетчике у потребителя, с учетом всех потерь от источника до потребителя, формула: $\eta_0 = (\eta_1 * \varepsilon_1) * x * (\eta_2 * \varepsilon_2) * x * (\eta_3 * \varepsilon_3) * x * (\eta_4 * \varepsilon_4)$, [2]. Из этого следует, что коэффициент энергетической эффективности систем теплоснабжения при использовании интегрированных в здания автономных источников теплоты будет определяться по формуле: $\eta_0 = (\eta_1 * \varepsilon_1) * x * (\eta_4 * \varepsilon_4)$, [2]. Таким образом, потери тепловой энергии у потребителя отсутствуют или существенно сокращаются.

Технологическая модернизация системы способна повысить энергетическую эффективность при энергосберегающих мероприятиях: 1) заменить физически и морально устаревшее технологическое оборудование на источнике с переходом на количественное регулирование выработки и отпуска тепла; 2) заменить изношенные и плохо изолированные магистральные и внутриквартирные тепловые сети на изолированные в заводских условиях трубы; 3) оборудовать абонентские

вводы взамен элеваторных узлов автоматизированными погодозависимыми индивидуальными тепловыми пунктами (ИТП).

Использование этих инновационных энергосберегающих технологий позволяет повысить энергоэффективность системы до $0,84 \times 0,94 \cdot 0,95 \approx 0,75$, [2]. Такими технологиями являются системы, при которых сокращаются до минимума промежуточные звенья между источником тепла и потребителем: на источниках установлены новое энергоэффективное, экологически чистое оборудование и автоматизированные системы качественного регулирования; диспетчерский контроль позволяет обеспечить сбалансированность выработанного и потребляемого тепла и свести до минимума технологические потери, повысить экономическую заинтересованность потребителя в энергосбережении.

Программа по снижению уровня потерь при потреблении тепла успешно осуществлена в Республике Татарстан. Благодаря программе они добились сокращения потребляемого природного газа на 40 %, убрали нагрузку на окружающую среду в 3 раза и повысили коэффициент энергетической эффективности системы с 0,5 до 0,92. Уменьшены также в 12 раз затраты населения на оплату услуг теплоснабжения.

1. Автоматизированные тепловые пункты и насосные станции позволяют поддерживать постоянное давление перед водоразборными устройствами и снижают до 25 % расход воды и до 50 % расход электроэнергии, [3].

2. Погодозависимые ИТП с насосами смешения с переменным числом оборотов и количественно-качественным регулированием вместо элеваторных узлов позволяют:

- исключить влияние системы горячего водоснабжения на систему отопления и сезонные «перетопы», связанные с необходимостью обеспечения горячей водой;
- поддерживать температурный график во внутридомовой системе отопления в зависимости от погоды в режиме реального времени и исключить «перетопы» и «недотопы»;
- обеспечить надежность работы системы отопления от гидравлического режима в тепловой сети;
- снизить потери тепла на 15 %.

Квартирная система теплоснабжения надежнее, комфортнее и дешевле. Для многоэтажных жилых домов с настенными газовыми теплогенераторами с закрытой топкой такая система:

- полностью исключает потери тепла в тепловых сетях, на источнике и при распределении между потребителями;
- исключает дотацию и субсидии из бюджета всех уровней и снижает затраты на оплату используемого тепла;
- является наиболее эффективным механизмом энергосбережения в рыночных условиях;
- позволяет организовать индивидуальный учет и регулирование потребления тепла, в зависимости от экономических возможностей и физиологических потребностей. [4]

С принятием закона об энергосбережении и повышении энергетической эффективности расширились возможности для успешной реализации. Как показывает опыт Татарстана, необходимо разработать технические, экономические акты использования природного газа в быту. Гарантировано снижение затрат и повышение комфортности и надежности теплоснабжения. Предлагаю в рамках реализации закона создать экспериментальные районы, для которых разработать такие инвестиционные программы. В Республике Бурятия в 113-114 кварталах внедрить программу по разработке энергосберегающих технологий, оборудования и материалов на предприятиях, жилищном и социальном секторе. Программа будет рассчитана на период до 2020 года и открытый конкурс на её разработку уже объявлен. Это позволит ликвидировать существующую «черную дыру», куда утекают средства всех бюджетов, направляемых на дотацию и реформирование ЖКХ.

Литература

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5>
2. Сетюков В.Б. Здания с нулевым потреблением энергий извне, как составляющая в перспективе развития возобновляемой энергий» / В.Б. Сетюков // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2014, № 2. – с.3-11.
3. Андреас Люке. Европейский рынок отопительного оборудования – ориентация на высокоэффективные технологии и возобновляемые источники энергии»// «Энергосбережение», 2007, № 4, – стр. 57-59.
4. Карл Гертис. Здания в 21 веке – здания с нулевым потреблением энергий // Энергосбережение». – 2007. – № 3. – стр. 34-36.

УДК 658.264:697.3

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ КАЗАНСКОГО (ПРИВОЛЖСКОГО) ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

**ТАТАРЧЕНКОВ А.В., ШАРАФЕТДИНОВ Ф.Ф., МОРЯШОВ А.А.,
КГЭУ, г. Казань**

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор МУТРИСКОВ А.Я.

Тепловые сети от современных ТЭЦ и мощных котельных представляют собой сложные протяженные и разветвленные гидравлические системы, содержащие протяженные трубопроводы разного диаметра, большое число насосов, емкостей и других устройств, необходимых для передачи тепловой энергии с помощью теплоносителя – сетевой воды или пара от источников теплоты потребителям.

Многолетний опыт развития теплофикации и централизованного теплоснабжения в России, а также опыт других стран, где широко используются системы централизованного теплоснабжения, показывает, что существуют две основные причины нарушений при централизованном теплоснабжении: повреждение теплопроводов и внезапная потеря значительной мощности источников теплоты.

Для того чтобы расставить приоритеты и составить грамотный план модернизации системы теплоснабжения, в первую очередь требуется провести анализ системы теплоснабжения. Он позволяет определить источники и причины потерь и нерационального использования тепловой энергии.

Все расчеты при анализе системы теплоснабжения КФУ произведены на температурный график 115°-70 °С со срезкой на 105°-70 °С. Расчетная температура самой холодной пятидневки г. Казани – 32°С (СНиП 23-01-99* «Строительная климатология»). Для покрытия тепловых потерь комплекса зданий КФУ при –32 °С требуется 12,927600 ккал/час, количество воды 287,28 т/час. Причем количество воды (т/час) остается всегда постоянным, а количество тепла (ккал/час) меняется, исходя из температуры наружного воздуха.

Гидравлический расчет наружной тепловой сети выявил, что наибольшие потери давления в тепловой сети происходят в направлении от котельной до теплового узла культурного центра «Уникс». Потери напора по двум трубам составляют 14,4 м вод. ст. Чуть меньше потери в направлении от котельной до 2-го учебного корпуса, они составят по двум

трубам 10,5 м вод. ст. На других направлениях гидравлические потери давления еще меньше. В целом потери напора в тепловой сети незначительные. Перекладка тепловых сетей на больший диаметр нигде не требуется.

При составлении гидравлического режима тепловой сети определяющим принято направление от котельной до теплового узла культурного центра «Уникс». В результате анализа гидравлического режима выявлено, что для нормальной работы самого худшего по гидравлическим показателям культурного центра «Уникс» располагаемый напор на выходе из котельной должен быть 28 м вод. ст. На подающем трубопроводе должно быть 58 м вод. ст., на обратном трубопроводе 30 м вод. ст. Данный гидравлический напор обеспечивает безопасную, устойчивую, но не экономичную работу всех внутренних систем теплоснабжения учебных, административных и общественных зданий КФУ. В некоторых зданиях во время пусконаладочных работ потребуются внутренняя регулировка. С учетом перспективы для котельной КФУ подойдет сетевой насос производительностью $350 \text{ м}^3/\text{час}$ и напором 50-55 м вод. ст. Сетевой насос с данными характеристиками будет работать в самом экономичном режиме.

Тепловая мощность котельной составляет: 11,55 Гкал/час. Максимальный требуемый расход теплоты при $-32 \text{ }^\circ\text{C}$ составляет 13,0 Гкал/час. Нехватка тепловой мощности составляет 1,5 Гкал/час, а с учетом перспективы энергетическую мощность котельной требуется увеличить примерно на 5-6 Гкал/час. Два котла ДКВР 6,5-13 в сумме дают: 7,55 Гкал/час. Этой тепловой мощности хватит до температуры наружного воздуха $-11 \text{ }^\circ\text{C}$. С температуры наружного воздуха $-14 \text{ }^\circ\text{C}$ для покрытия возросших тепловых потерь в зданиях требуется подключать 3-й котел КВНМ-4-65.

УДК 621.382.2/3

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ СВЕТОВЫХ ЛУЧЕЙ В СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

ТИТОВА М.Е., КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ПОЛИВАНОВ А.А.;
канд. техн. наук, доцент ГАЛУЩАК В.С.

В настоящее время солнечные батареи как источники электропитания широко применяются как на стационарных, так и подвижных объектах. Источники питания такого типа наиболее перспективны и будут активно применяться в будущем. Однако их мощность генерации существенно зависит от положения солнца относительно батареи. Максимальная генерация достигается при ортогональном падении солнечных лучей на поверхность батареи, а при изменении этого угла резко падает. Решением этой проблемы является использование различных методов изменения направления луча, положения батареи, отражателей или концентраторов солнечной энергии, которые обеспечивают ортогональное падение лучей на поверхность солнечной батареи. Эти методы можно условно разделить на две большие группы:

- механические;
- оптические.

В механических методах солнечная батарея устанавливается на поворотную платформу – гелиостат, либо используется зеркало (призма), которое поворачивается при движении солнца по горизонту и отражает луч так, чтобы он падал на солнечную батарею ортогонально.

В оптических методах применяются различные немеханические способы поворота луча, основанные на законах геометрической оптики.

Одним из известных примеров практической реализации механического метода является солнечная электростанция СЭС – 5, построенная в 80-е годы прошлого века в Крыму. В центре большого поля была расположена башня, в верхней части которой находился паровой котел, вокруг которого было установлено 1600 поворотных отражателей – гелиостатов, оборудованных редукторами. Громоздкость такой системы приводила к массовым отказам её элементов, в результате фокусировка отражённых лучей получалась размытой и электростанция не набирала номинальную мощность.

Следует отметить, что использование таких систем еще и небезопасно. Так, в июне 2016 года в США случился пожар на крупнейшей в мире солнечной электростанции ISEGS, расположенной в Калифорнии. Эта станция устроена аналогично СЭС – 5, но значительно мощнее ее. Сконцентрированный солнечный луч, в результате сбоя системы наведения и концентрации, сошёл с охлаждаемых солнцеприёмных поверхностей, продрейфовал на конструкции башни, сжигая всё на своём пути, возник пожар, который расплавил и сжег паропроводы, повредил электрические кабели.

У паровых солнечных электростанций, несмотря на более высокий КПД термодинамического цикла, нет перспектив дальнейшего развития. Тем не менее, станция подобного типа сейчас строится в Марокко.

Простейшим примером оптических методов является использование линз, фокусирующих солнечную энергию непосредственно на поверхность солнечной батареи, однако они малоэффективны. Более эффективными являются параболические или сферические отражатели, а также призмы Френеля, суммарная выработка энергии на которых существенно выше.

Наиболее же совершенным видом устройств такого вида являются голографические солнечные концентраторы, которые обеспечивают отбор из потока наиболее подходящих для генерации световых частот. В американской компании «Prism Solar Technologies» была создана фотоэлектрическая батарея, представляющая структуру с чередующимися полосами: полоска голограммы – полоска фотоприемника. Голографическая плёнка зажата между двумя слоями стекла, и на ней при помощи лазера выполнена тонкая интерференционная структура. Благодаря этому из солнечного спектра выделяются частоты, обеспечивающие наибольшую энергоотдачу. За счёт многократного отражения от голограммы и внутренней поверхности наружного стекла лучи концентрируются и направляются на участки между голограммами, где с обратной стороны закреплены фотоэлектрические панели.

Также следует отметить разработку белорусских ученых под руководством Пилипович В.А. Ими был разработан концентратор, включающий прозрачную пластину с прилегающим к ее входной грани голографическим элементом, образованным двумя голографическими решетками.

Адаптивные методы изменения направления солнечных лучей позволяют управлять углом поворота луча. В их основе используется свойство некоторых материалов изменять свои оптические характеристики в результате какого-либо внешнего воздействия. В дальнейшем авторы

данной работы планируют сосредоточить свои исследования именно в данном направлении.

Современный опыт строительства и эксплуатации установок с концентраторами солнечной энергии всех типов пока еще незначителен, поэтому необходимо продолжать их активное изучение и расширять перспективы применения. Особенно актуальным является разработка адаптивных концентраторов энергии, предназначенных для установки на подвижных объектах.

УДК 621.315.1

К ВОПРОСУ ОБ ИОННОМ ВЕТРОГЕНЕРАТОРЕ

ФЕДОРОВА А.А., ГАЛУЦАК В.С., СОШИНОВ А.Г.

КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ГАЛУЦАК В.С.

Как общеизвестно из курса общей физики, при движении электрического заряда на расстояние L в электрическом поле совершается работа. Величина этой работы A зависит от величины заряда q и напряжения U и выражается формулой

$$A = q \cdot E \cdot L = q \cdot U \quad (1)$$

В свою очередь напряжение U выражается через разность потенциалов φ_1 и φ_2 электрического поля и источником электродвижущей силы E поля формулой

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 + E \quad (2)$$

Любой ветер при перемещении воздушных масс совершает работу A . В обычных ветрогенераторах эта работа снимается с ветропотока путём механического преобразования его кинетической энергии в электрическую форму в электрогенераторах. В ионном ветрогенераторе работа ветропотока преобразуется в электрическую форму путём переноса некоторого количества ионов воздуха (заряд q) на определённую разность потенциалов ($\Delta\varphi$). Упрощённая схема ионного ветрогенератора приведена на рисунке 1.

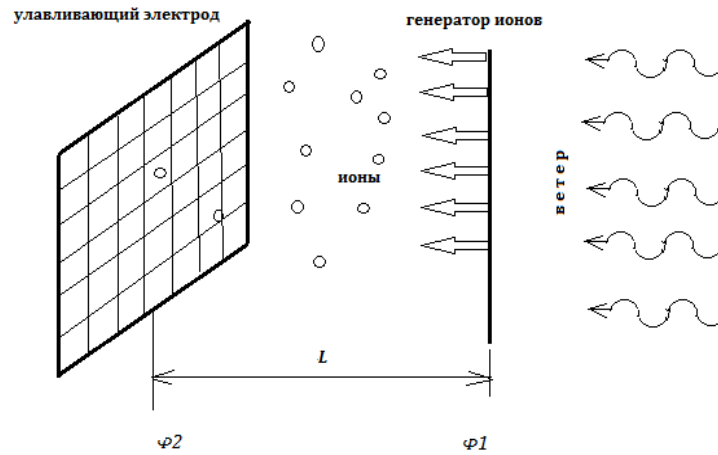


Рис. 1. Схема ионного ветрогенератора

Воздух состоит на 78 % из молекулярного азота, на 21 % из молекулярного кислорода, остальное углекислый газ и инертные газы. Всего в одном кубическом метре воздуха при нормальных условиях содержится $2,5 \cdot 10^{23}$ молекул. Ионы – это атомы или молекулы, но с потерянным или присоединенным электроном. Как известно, заряд электрона (а значит и иона) составляет $e = -1,601 \cdot 10^{-19} \text{ К}$. Ионизация молекул воздуха электрическим полем возможна при напряжённости электрического поля более 50 Мв/м, что нужно учитывать при конструировании генератора ионов, создающего требуемую концентрацию ионов (а значит и заряд q) в одном метре кубическом воздуха. Скорость движения ионов кислорода в электрическом поле напряжённостью более 10 кВ/м – 2 м/сек, а время его жизни составляет около 18 секунд. Учитывая эти характеристики можно рассчитать оптимальное расстояние L , определить величину ионного тока и рассчитать мощность ионного ветрогенератора. Достаточным условием будет превышение мощности ионного ветрогенератора над мощностью, затрачиваемой схемой ионизации воздуха.

УДК 621.315.1

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

ФЕДОРОВА А.А., ГАЛУЩАК В.С., СОШИНОВ А.Г.

КТИ (ф) ВолгГТУ, г. Камышин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ГАЛУЩАК В.С

В работе обосновано применение возобновляемых источников энергии для энергоснабжения системы освещения и систем безопасности. Предложено применить типовую солнечную установку мощностью и ветроустановку закрытого типа. Приведенные расчеты подтверждают возможную работу круглосуточного круглогодичного систем освещения и систем безопасности.

Снижение финансовых затрат в сфере коммунального хозяйства муниципалитета остается важной задачей. До настоящего времени значительные средства расходуются на обеспечение безопасного нахождения жителей городов и поселений малых рекреационных зонах. Вопросом безопасности главенствующую роль играют, обеспечение освещения пешеходных зон в темное время суток, создание возможностей быстрого контакта с правоохранительных органами и другими службами (МЧС). Это осуществляется с помощью стандартизованных средств постов экстренной связи и систем видеонаблюдения. Для электроснабжения этих элементов используются городские электрические сети, либо существующие, либо вновь смонтированные. Эксплуатация этих сетей, а также оплата покупной электроэнергии ложится тяжелым финансовым бременем на муниципалитет. Поскольку функционирование систем безопасности должно производиться круглосуточно и круглогодично, то и применяемая система их электроснабжения должна также соответствовать этому требованию. В настоящее время хорошо применяется обеспечение освещения с помощью солнечной энергии.

В настоящей работе предлагаются две системы электрогенерации, а именно с помощью солнечных батарей фотовольтоического типа со временем генерации 2200 часов в год и ветрогенерация с помощью ВЕУ с управляемым воздушным потоком со временем генерации 3500 часов, таким образом суммарная электрогенерации предлагаемой энергосистемы составляет 5700 часов, что составляет 60 % всего годового времени функционирования системы.

Ветрогенерирующая установка с управляемым ветропотокком закрытого типа создана специально для городских условий. Конструктивно состоит из конфузора для подпора ветрового потока, проточной части и диффузора для создания разряжения за ветроколесом.

Такая конструкция обеспечивает полную закрытость ветроколеса, обеспечивая его недоступность, что чрезвычайно важно в городских условиях.

Высокая скорость вращения ветроколеса и хорошая его балансировка обеспечивает выполнение нормативов по шумовым характеристикам, а также исключает появление инфразвука, не допустимого в селетабельных зонах. Кроме того, такая ВЭУ обладает малыми габаритами и не нарушает природных ландшафтных требований городской среды. Требуемое количество электрической энергии рассчитывается исходя из потребляемой мощности пунктов экстренной связи.

Баланс мощностей:

1. Ветровая электрогенерация при мощности 1,0 кВт, КИМ= 0,85 и времени работы 3500 час

$$\mathcal{E}_в = 1 \times 0,85 \times 3500 = 2975 \text{ кВт.ч}$$

2. Солнечная генерация при мощности 1,5 кВт, КИМ=0,95 и времени работы 2200 час

$$\mathcal{E}_с = 1,5 \times 0,95 \times 2200 = 3135 \text{ кВт.ч}$$

3. Полная электрогенерация за год системы электроснабжения городской рекреационной зоны

$$\mathcal{E}_г = 2975 + 3135 = 6110 \text{ кВтч}$$

4. Энергопотребление системой светодиодного наружного освещения

$$\mathcal{E}_{ос} = 1500 \text{ кВт.ч}$$

5. Энергопотребление системой видеонаблюдения

$$\mathcal{E}_{ос} = 1752 \text{ кВт.ч}$$

6. Энергопотребление пунктами экстренной связи со службами МЧС и МВД

$$\mathcal{E}_{ос} = 1051 \text{ кВт.ч}$$

7. Энергопотребление системой городской рекреационной зоны

$$\mathcal{E}_п = 1500 + 1752 + 1051 = 4304 \text{ кВт.ч}$$

8. Энергетический баланс

$$\mathcal{E}_г > \mathcal{E}_п; 6110 > 4304$$

Литература

1. Солнечная электростанция «Эконом» 1,5 кВт/200Ач [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.eco50.ru>
2. Галушак В.С., Кузьмин И.В., Кокарев П.С., Горбунцова М.А. Ветроагрегат /Патент РФ 159490 МПК F03D 1/02, опубликовано 10.02.2016.

УДК 543.544

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ АДСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ СИЛИКАГЕЛЕЙ

ХАБАБУТДИНОВ Д.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор НОВИКОВ В.Ф.

Силикагели широко применяются в промышленности для очистки водной и воздушной среды от приоритетных загрязнителей, а также осушке трансформаторного масла от влаги. Они используются в энергетической отрасли промышленности для осушки трансформаторных масел от влаги. Выпускаемые в настоящее время силикагели характеризуются различной величиной пор, насыпной массой и сорбционной способностью по отношению к органическим и неорганическим веществам.

Представляло определенный интерес определить сорбционную способность силикагелей по отношению к органическим растворителям, которые содержатся в окружающей природной среде в качестве примесных соединений. С этой целью нами была сконструирована и изготовлена лабораторная установка, включающая сорбционные трубки заполненные адсорбентами на основе силикагелей, в качестве адсорбента используется силикагель, силохром и др. В нижнюю часть сорбционной трубки подавались различные по физико-химической природе растворители, определялись их времена удерживания и сорбционная емкость.

Установлено, что время удерживания растворителей на этих сорбентах существенно зависит от их физико-химической природы и определяется в первую очередь их температурами кипения и полярностью. Построены графики зависимости времени удерживания растворителей от длины сорбционного слоя.

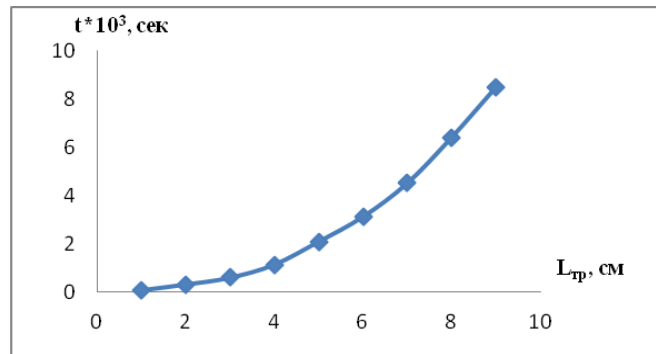


Рис. 1. Зависимость времени удерживания органических растворителей (t , сек.) от длины сорбционного слоя ($L_{тр}$, см).

Литература

1. Новиков В.Ф., Снигирева Ю.В., Ялалов И.Ф., Хабабутдинов Д.А., Гиниятова Л.М., Сайфиева А.Р. Изучение технологических свойств органических растворителей // Труды XVI Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение». – Казань, 2016.– С. 456.

2. Каратаев О.Р., Новиков В.Ф., Каралин Э.А. Влияние кислотной обработки на текстурные характеристики цеолитсодержащих пород // Вестник Казанского технологического университета. 2013. г. 16, № 6, с. 55-56.

3. Каратаев О.Р., Новиков В.Ф. Пути разработки селективных сорбентов для газохроматографического анализа приоритетных загрязнителей водных объектов // Вестник Казанского технологического университета.– 2012, т. 15, № 14, с. 51-54.

УДК 674.04

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИЗ БИОМАССЫ

ХАКИМЗЯНОВ И.Ф., КНИТУ; ХАКИМЗЯНОВА Г.Ф., КНИТУ-КАИ,
г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор САФИН Р.Р.

В последние годы газификационные установки стали доступны на рынке, поскольку имеют умеренную цену и отличаются простотой использования и технического обслуживания, большую гибкость при использовании различных типов биомассы, которые могут варьироваться от древесной щепы до топлива, полученного из твердых бытовых отходов. Преимуществом газификации по сравнению с другими технологиями заключаются в доступности биомассы.

Входная измельченная древесина и биомасса высушиваются в сушильном шкафу при температуре $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$). Процесс газификации контролируется следующими параметрами: скорость вращения вентилятора, температура, давление в камере газификации и т.д. Химический состав полученного синтез-газа влияет на его теплотворную способность и, следовательно, на общую эффективность преобразования энергии из биомассы в синтез-газ. Химический состав синтез-газа определен при помощи газоанализатора MRU Vario Plus. Точка отбора синтез-газа располагалась между газогенератором и двигателем. Перед отбором полученный синтез-газ проходит через масляный барботер и хлопковые фильтры. Параметры установки и эксплуатационные характеристики зафиксированы вместе с химическим составом синтез-газа. Концентрация летучих органических веществ в атмосфере определялась с помощью фотоионизационного анализатора, работающего в непрерывном режиме, с фиксированием показаний каждые 10 сек.

Древесная стружка имеет влажность в пределах 15-22 %. Содержание влаги в стружках (опилках) зависит от глубины отбора проб. Навоз имеет очень высокую влажность (81 %), поэтому необходимо провести тепловую обработку, прежде чем его газифицировать.

Элементо-содержащий анализ древесных отходов и биомассы указал на отсутствие в них тяжелых металлов. Но в некоторых частицах было наличие железа в результате хранения в резервуарах или транспортировки.

В камере газификатора имеется отверстие для подачи древесной щепы, воздуха и биомассы. Во время работы в полную мощность теплотворная способность синтез-газа достигает значения 4,5 МДж/кг. Анализируя весь процесс в целом, теплотворная способность синтез-газа колеблется между 1,8 и 4,5 МДж/кг. Количество выбросов в течение всего периода испытаний находилось в пределах от 100 до 800 мкг.

Общая эффективность процесса газификации представляет собой сумму электрической и тепловой эффективности. Электрический КПД равен произведению КПД каждого этапа производства (рис. 1).

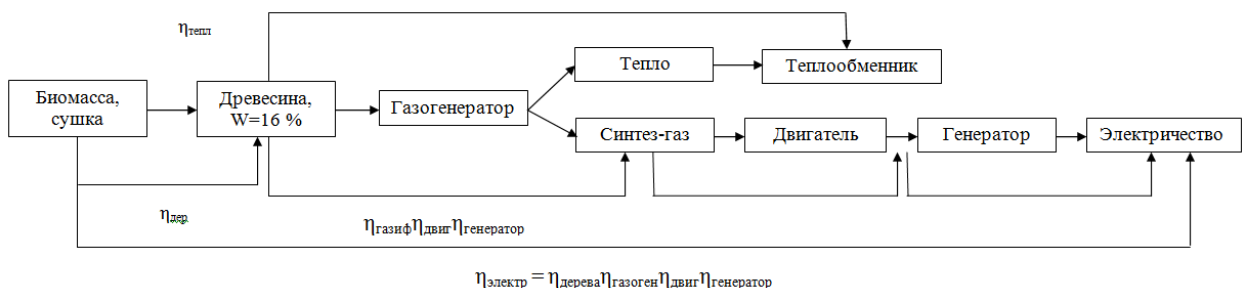


Рис. 1. Схема производства электроэнергии

Энергоэффективность процесса, начиная от загрузки биомассы до производства синтез-газа, составляет 72 %; эффективность двигателя и генератора составляет 18 %; суммарный электрический КПД 12 %. Общая эффективность газификационной станции – 24 %. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Оценка производительности синтез-газа и производства электроэнергии из биомассы

Этап газификации	Теплопроизводительность		Энергия, производимая в 1 ч.	Эффективность (влажность древесины 16 %)
	МДж/кг	Вт·ч/кг		
Дуб, влажность 16 %	15,1	4,2	252	1 (теоретически)
Синтез-газ	4,5	1,2	168	0,67
Двигатель/генератор	-	-	30	0,18
Общая эффективность электроэнергии на древесине				0,12
Теплообменник	-	-	30	0,12
Общая эффективность электроэнергии на древесине				0,24

Данная работа выполнялась при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (МД – 5596.2016.8).

УДК 621.22:621.1

СТАБИЛИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА МЕСТНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

ХАФИЗОВА А.Ш., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ГУСЯЧКИН А.М.

Водяные системы теплоснабжения представляют собой сложные гидравлические системы, в которых работа отдельных звеньев находится во взаимной зависимости. Гидравлический режим системы определяется точкой пересечения гидравлических характеристик насоса и сети (точка А на рис 1).

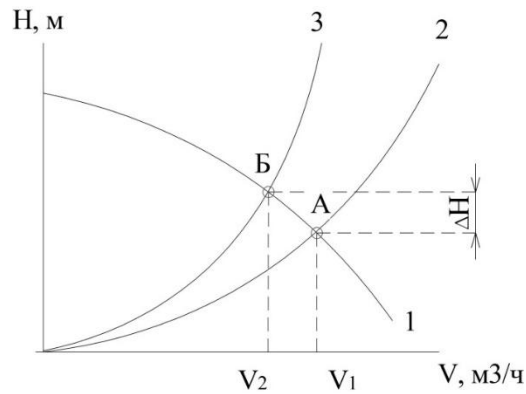


Рис 1. Гидравлические характеристики насоса и сети. 1 – характеристика насоса; 2 – расчетная характеристика тепловой сети; 3 – характеристика тепловой сети при уменьшении расхода теплоносителя абонентами; H – напор, развиваемый насосом, равный потере напора в замкнутой системе; V – объемная подача насоса, равная расходу воды в системе

Сопротивление системы теплоснабжения во многом зависит от числа включенных систем теплоснабжения, схем присоединения отопительных систем нагревательных приборов и т.п. Сопротивление сетей и оборудования теплогенерирующего источника должно преодолеваться сетевыми насосами, установленными на источнике.

В процессе эксплуатации характеристика сопротивления тепловой сети изменяется в связи с присоединением новых абонентов, отключением части нагрузки и др. В современных системах теплоснабжения используются автоматические регуляторы расхода теплоносителя (погодные регуляторы, регуляторы расхода сетевой воды на ГВС и др.), работа которых зачастую приводит к нарушению гидравлического режима системы теплоснабжения. Особенно это заметно в системах теплоснабжения малых теплогенерирующих предприятий, сетевые насосы которых, как правило, работают с постоянной частотой вращения рабочего колеса.

Снижение расхода теплоносителя в системах отопления и ГВС абонентов с автоматическим регулированием расхода приводит к повышению напора в сети на величину ΔH и гидравлический режим работы системы теплоснабжения будет определяться точкой Б (рис. 1), то есть гидравлический режим нарушается. Повышение давления в системах теплоснабжения может нарушить режим работы элеваторных узлов систем отопления других абонентов и привести к негативным последствиям.

В некоторых районных и местных котельных для поддержания характеристики тепловой сети в допустимых пределах сливают часть

теплоносителя из подающей магистрали в подпиточный бак, что экономически нецелесообразно.

Нами предложено поддерживать характеристику тепловой сети на заданном уровне путем пропуска части теплоносителя из подающей магистрали в обратную у источника теплоты. Для этого предлагается на перемычке между подающим и обратным трубопроводами в котельной установить прямооточный регулятор давления «до себя» РД поршневого типа (рис 2). РД сливает часть воды из подающей магистрали в обратную, стабилизируя характеристику тепловой сети и сохраняя заданный гидравлический режим.

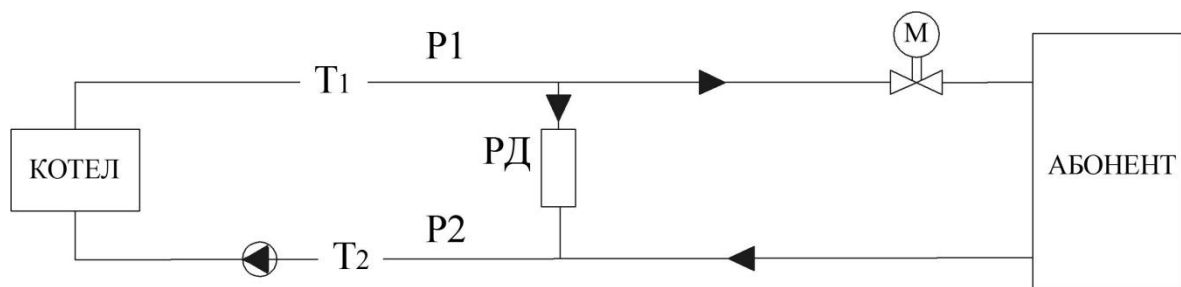


Рис 2. Принципиальная схема поддержания гидравлического режима тепловой сети

Проведенные нами на лабораторной установке экспериментальные исследования подтвердили возможность поддержания характеристики тепловой сети на заданном уровне путем перепуска части теплоносителя из подающей магистрали в обратную.

УДК 621

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР

ХУСНИЯРОВ И.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор КАШАЕВ Р.С.

В полевых условиях электроснабжения датчиков и приборов плодотворна идея использования компактных устройств электропитания, основанных на преобразовании солнечного света и естественных перепадов температур в течение всего времени суток в электроэнергию солнечными панелями и термоэлементами на солнечном коллекторе с использованием эффекта Зеебека. Облучение и перепады температур могут создаваться также внешними источниками – горелками, костром, выхлопными газами.

Для питания автоматических датчиков и средств автоматики в настоящее время широкое распространение получили электрогенераторы на фотоэлектрических элементах (ФЭ), обычно объединенных в солнечные панели. Солнце излучает энергию в диапазоне $\lambda = 200-3000$ нм. При этом используемый ФЭ диапазон ультрафиолетовых длин волн $\lambda = 200-800$ нм охватывает 58 % всей энергетической эффективности солнечного излучения. В то же время 42 % энергии Солнца лежит в диапазоне длин волн $\lambda = 800-3000$ нм в области теплового (инфракрасного – ИК) излучения и фотоэлементами не используется. Кроме того, у ФЭ снижается КПД при их нагреве, а также они не способны к электрогенерации в ночное время суток. Это ведет к тому, что, несмотря на то, что в некоторых образцах ФЭ достигнут КПД = 20-25 %, в реальных ФЭ он составляет 10-12 % [1].

Как одно из решений задачи более эффективного использования солнечной радиации в ИК-области спектра является использование термоэлектрических элементов (ТЭ), основанных на эффекте Зеебека генерации термоЭДС с коэффициентом α . Прибор, работающий на этом явлении – термопара или ТЭ из N проводников с разными коэффициентами термоЭДС α_A и α_B (см. Табл.1). Если концы проводников находятся при разных температурах T_0 и T_L , то на концах ветвей появляется термоЭДС:

$$\varepsilon = N(\alpha_A - \alpha_B)(T_0 - T_L) \quad (1)$$

Но очень важный, практически не используемый ресурс энергии – тепло экзотермического фазового перехода (ЭФП), получаемое при кристаллизации фазоменяющего теплоаккумулирующего материала (ТАМ) при его остывании. Известно, что удельная энергоемкость ТАМ достигает $15\,000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$, что в 25 раз выше удельной энергоемкости воды ($60 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$). В качестве ТАМ могут быть применены гидратные соли и парафины, имеющие температуры фазовых переходов (ФП) в диапазоне $0 \div 100$ °С.

Задачей, поставленной в данной работе, является разработка термоэлектрического генератора, в котором солнечные батареи на фотоэлементах, прикрепленные к внешней стороне солнечного коллектора (СК) с теплопроводящим рабочим веществом и с внутренней свето-, теплопоглощающей поверхностью, эффективно охлаждаются рабочим веществом СК, тем самым поддерживая высокий КПД фотоэлементов солнечной панели в жаркое время суток за счет отвода от них тепла.

Солнечная батарея круглогодично (в том числе и зимой) генерирует ток в светлое время суток. Три емкости с ТАМ, имеющем разные температуры ЭФП TK_1 , TK_2 и TK_3 (причем $TK_2 > TK_3 > TK_1$) при охлаждении в холодное время суток последовательно, начиная с верхней ТАМ в верхней емкости испытывают ЭФП, поддерживая разность температур $\Delta T_{ТЭ}$ на блоках ТЭ, расположенных между ними. Четыре последовательно соединенных блока ТЭ выполняют функции составной термоэлектрической батареи, повышая КПД термоэлектрического генератора. Сущность устройства поясняется чертежом на рис.1, где изображена конструкция термоэлектрического генератора.

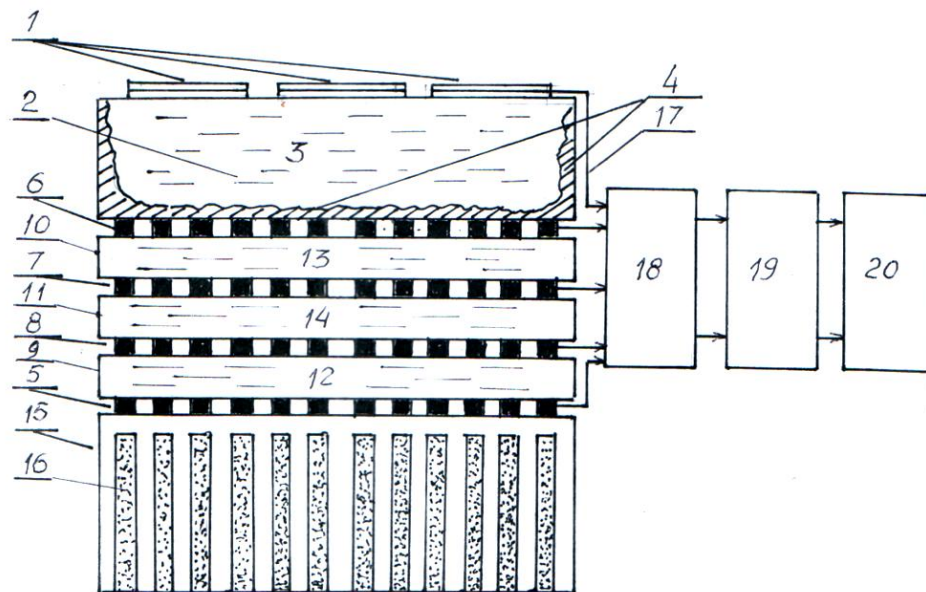


Рис. 1. Конструкция термоэлектрического генератора. Здесь: 1 – солнечные батареи; 2 – солнечный коллектор; 3 – незамерзающая, теплопроводящая жидкость; 4 – внутренняя свето-, теплопоглощающая поверхность СК; 5, 6, 7, 8 – первый, второй, третий и четвертый блоки ТЭ; 9, 10, 11 – первая, вторая и третья емкости с ТАМ; 12, 13, 14 – первый, второй и третий ТАМ с разными температурами ЭФП; 15 – радиатор; 16 – пористое капиллярное водопоглощающее/испаряющее вещество; 17 – токопроводящие электрические провода; 18 – блок управления; 19 – аккумулятор; 20 – инвертор

Литература

1. Специальные электрические машины: (Источники и преобразователи энергии): учеб. пособие для вузов/ А.И.Бертинов [и др.]; под ред. А.И.Бертинова. – Энергоиздат, 1982. – 552 с.: ил.
2. Самойлович А.Г. Термоэлектрические и термомагнитные методы превращения энергии. – М.: 2007, ЛКИ. –224 с.

3. Патент RU №135540 МПК H01J45/00 от 20.11.2013
«Термоэлектрический генератор».

4. Патент RU № 134698 МПК H01J45/00, F24J2/42 от 20.11.2013
«Термоэлектрический автономный источник питания».

УДК 621.577

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК В ЦЕЛЯХ УТИЛИЗАЦИИ СБРОСНОГО ТЕПЛА В УСЛОВИЯХ Г. ЧЕЛЯБИНСКА

ЦЕЙЗЕР Г.М., ЮУрГУ (НИУ), г. Челябинск

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ПТАШКИНА-ГИРИНА О.С.

Энергетика является одним из ключевых понятий современного мира, так как она тесно взаимосвязана с экономическими, политическими, экологическими и многими другими глобальными аспектами. Именно поэтому её состояние так важно и актуально в наши дни.

Особую важность для отечественной энергетики представляет собой производство тепла. Суровый климат с продолжительными холодными зимами создаёт необходимость обеспечения продолжительных сезонов отопления, что требует значительных затрат топлива, которые почти в 2 раза превышают затраты на электроснабжение. Обеспечение тепла российских потребителей главным образом строится на использовании централизованного теплоснабжения. Такая особенность принуждает к нерациональному использованию традиционных морально и даже физически изношенных тепловых систем, что приводит к непомерным тратам, которые можно избежать при более грамотном и взвешенном подходе.

Одним из способов решения проблемы отечественной теплоэнергетики может стать утилизация сбросной тепловой энергии с помощью ТНУ. Такой подход позволяет покрыть часть тепловых нужд за счёт энергии, которая в обычном случае попросту сбрасывается в окружающую среду. Кроме того, утилизация тепла способствует снижению теплового загрязнения, которое в некоторых случаях является существенным фактором антропогенного воздействия на биосферу.

Проблема использования сбросного тепла заключается в её низкопотенциальности. Такая особенность делает её непригодной для непосредственного применения в системах теплоснабжения. Поэтому для

того, чтобы преобразовать сбросное тепло до нужного уровня необходимо применение тепловых насосов.

Как правило, крупные источники сбросного тепла расположены именно в городской черте. Это объясняется высокой концентрацией различных объектов, которые производят тепловую энергию, как в целях теплоснабжения, так и в виде побочного продукта.

Прежде всего, источниками сбросного тепла являются теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), которые в ходе генерации электричества вынуждены производить побочное тепло. Некоторая часть такого тепла непригодна для непосредственного использования в системах отопления, поэтому её необходимо сбрасывать посредством градирен или брызгательных бассейнов, чего можно избежать с помощью тепловых насосов, которые позволяют преобразовать такое тепло в полезное.

Эффективность работы ТЭЦ повышается при понижении температуры обратной сетевой воды по сравнению с величиной, заданной температурным графиком. Отсюда повышение эффективности работы тепловых сетей с помощью тепловых насосов основано на понижении температуры обратной сетевой воды.

Наконец, повышение эффективности теплоснабжения может заключаться не только в совершенствовании ТЭЦ и сети, но и в том, каким способом расходуется произведённое и доставленное тепло. Отсюда применение тепловых насосов целесообразно не только в плане повышения эффективности работы энергетических объектов, но и в целях повышения эффективности объектов, потребляющих тепло.

Практически каждый городской объект как производственной, так и жилой и общественной категории является источником сбросного тепла. Как правило, такое тепло содержится в воде, сбрасываемой в канализационные стоки или непосредственно в водоём, а также в отработанном воздухе.

Данные, собранные в целях решения поставленной задачи, легли в основу расчётного исследования эффективности утилизации низкопотенциального сбросного тепла в городских условиях, основанного на разработке комплексного расчёта, оценивающего эффективность применения тепловых насосов для каждой категории источников низкопотенциальной тепловой энергии.

Завершающим пунктом проведенной работы стало расчётное исследование эффективности утилизации из низкопотенциального сбросного тепла в условиях г. Челябинска. В качестве исходных были

выбраны данные, характеризующие современное состояние системы теплоснабжения г. Челябинска.

Итоговым результатом проведённой оценки стало то, что утилизация сбросного тепла в условиях г. Челябинска позволит снизить годовую энергию сжигания топлива на 2,2 млн ТУТ (24,9 % от общего потребления). При этом тепловое загрязнение снизится на 1,5 млн ТУТ. Такой эффект возможен при использовании тепловых насосов общей производимой тепловой мощности 1145 МВт.

УДК 621.311

ФОРМАЛЬНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РОССИИ

ШАБИЕВА Г.Р., ХАЙБАЛЛИНА А.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент АХМЕТОВ Т.Р.

В условиях возрастающего спроса на энергоресурсы и роста тарифов на них, а также ухудшения экологии, сокращения запасов нефти, угля и газа – особое значение приобретают вопросы энергосбережения.

Но следует отметить, что энергосберегающие технологии достаточно слабо применяются предприятиями нашей страны. А между тем здесь скрываются большие возможности повышения эффективности деятельности любого предприятия, который может использоваться в целях повышения объема оборотных средств и снижения производственных издержек, высвобождая, таким образом, дополнительные средства, которые могут быть инвестированы в развитие компании.

Актуальность данной проблемы была подтверждена в ноябре 2009 года, когда Президент Российской Федерации Д.А. Медведев подписал закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Закон направлен на регулирование деятельности в сфере энергосбережения и на стимулирование предприятий к внедрению энергоэффективных технологий.

В соответствии с Федеральным Законом № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» энергетическое обследование в обязательном порядке должны проходить организации, занимающиеся регулируемым видами деятельности, а также большинство крупных предприятий и учреждений.

Основная цель проведения энергетического обследования – выявление нерационального использования энергетических ресурсов, определение потенциала энергосбережения, параметров повышения энергоэффективности с последующей разработкой энергетического паспорта. Таким образом, становится совершенно очевидной значимость проведения обследования с целью минимизации затрат на топливно-энергетические ресурсы. На практике ситуация немного сложнее, и существует ряд проблем, связанных с недоработками в законодательстве.

Результатом проведения энергетического обследования должно быть не формальное получение энергетического паспорта, а проработанная программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности предприятия.

Повышение эффективности теплоснабжения является не только актуальной задачей, но и в условиях ограниченного роста тарифа на тепловую энергию предельным уровнем роста, является одним из основных методов сохранения рентабельности отрасли.

Такое развитие пока существенно сдерживается из-за наличия большого количества пробелов и противоречий в новом законодательстве об энергосбережении, которые в отдельных случаях блокируют его исполнение либо результаты такого исполнения перестают отвечать целям государственной политики.

Теплоснабжающие организации имеют потери тепловой энергии при производстве, передаче и потреблении тепловой энергии. Поэтому энергосберегающие мероприятия также можно разделить по трем видам.

Энергосберегающие мероприятия, дающие экономию тепловой энергии при производстве:

- внедрение когенерации на котельных;
- замена старых отопительных котлов на новые энергоэффективные газовые котлы с КПД не ниже 95%;
- замена котлов на котлы с автоматическим управлением и т.д.

Энергосберегающие мероприятия, дающие экономию тепловой энергии при передаче:

- замена тепловой изоляции сетей;
- ремонт тепловой изоляции трубопроводов системы отопления и ГВС в подвальных помещениях с применением современных энергоэффективных материалов и т.д.

Энергосберегающие мероприятия, дающие экономию тепловой энергии у потребителей:

- установка балансировочных вентилей и балансировка системы отопления;
- установка расчётного прибора учёта на границу балансовой принадлежности;
- замена чугунных радиаторов на более эффективные алюминиевые.

При этом, к сожалению, на сегодняшний день законодательство недостаточно активно реализуется, так как нет связи между энергетическим обследованием и обязательностью внедрения энергосберегающих мероприятий. Если проводить энергетическое обследование, не внедряя энергосберегающие мероприятия, то оно никакого экономического эффекта за собой не несет.

Энергетическое обследование, в большей степени, формализовано и не приводит к реальному экономическому эффекту. Необходимо законодательно увязать обязательность проведения энергосберегающих мероприятий по результатам энергетического обследования.

УДК 349.6

ПРИМЕНЕНИЕ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК СИСТЕМА УГЛЕРОДНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ШЕСТАКОВА А.Л., ЮУрГУ, г. Челябинск
Науч. рук. д-р техн. наук, профессор КИРПИЧНИКОВА И.М.

Правила ведения бизнеса на сегодняшний день устанавливают уровень выбросов парниковых газов. Компании, чьи выбросы превышают 150 тыс. тонн CO₂-эквивалента в год (а с 2017 года – 50 тыс. тонн), берут на себя добровольное обязательство об отчетности по выбросам парниковых газов [1]. Наиболее подробную информацию о выбросах представляют предприятия транспортной отрасли и компании нефтегазового сектора. Взятие компаниями обязательств по сокращению выбросов парниковых газов вызвано как экономическими преимуществами низкоуглеродного развития, так и стремлением предоставления объективной информации для обеспечения репутации в глазах инвесторов и потребителей, отмечая устойчивость и конкурентоспособность компании на рынке. В этой связи за основу системы углеродного регулирования в целях стимулирования бизнеса и кооперации с ним предлагается взять НДТ – действующую систему

применения наилучших доступных технологий, которая предполагает освобождение предприятий, использующих подобные технологии, от платы за загрязнение. Одним из положительных моментов является ее освоенность и необременительность для бизнеса. В работе также изучены недостатки данной системы, например, отсутствие стимула для перехода предприятий на возобновляемые источники энергии. В целом применение наилучших доступных технологий позволяет повысить технологическую эффективность и экологическую безопасность.

Для реализации положений углеродного регулирования в РФ необходимо внести изменения в законодательство. Прежде всего, законодательно закрепить определение «парниковые газы», так как на сегодняшний день эмиссия парниковых газов не подлежит регулированию [2]. Необходимо определить принципы регулирования парниковых газов. Планируется разработка концепции законопроекта «О государственном регулировании выбросов парниковых газов» к июню 2018 года. [3].

Добровольная отчетность компаний по выбросам парниковых газов позволит сформировать механизм регулирования выбросов, предполагаемую цену на углерод и механизм ее взимания.

Литература

1. Распоряжение Правительства РФ № 716 от 22 апреля 2015 года «Об утверждении Концепции формирования системы мониторинга, отчетности и проверки объема выбросов парниковых газов в Российской Федерации»;
2. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7–ФЗ «Об охране окружающей среды» (в посл. ред. Федерального закона от 03.07.2016 N 358-ФЗ, с изм., внесенными Постановлением Конституционного Суда РФ от 05.03.2013 N 5-П)
3. Распоряжение Правительства РФ от 17 июня 2016 г. N 1247-р «О внесении изменений в распоряжение Правительства РФ от 2 апреля 2014 г. N 504-р» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2014, N 15, ст.1778; 2015, N 20, ст.2933; 2016, N 21, ст.3029)

УДК 543.054.2

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

ЯЛАЛОВ И.Ф., КГЭУ; СНИГИРЕВА С.А., КЭК, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, профессор НОВИКОВ В.Ф.

В настоящее время органические растворители находят широкое применение в различных отраслях промышленности, в том числе и в энергетике. Для определения фурановых производных, образующихся в трансформаторном масле в процессе его эксплуатации, используются различные по полярности растворители, которые выступают в качестве экстрагентов. Ранее нами был исследован большой ряд органических растворителей в условиях восходящей колоночной жидкостной хроматографии, были определены кинетические характеристики процесса сорбции с использованием различных по полярности сорбентов, в том числе, полученных на основе природных материалов.

В плане продолжительности этих работ нами методом восходящей колоночной хроматографии были определены абсолютные времена удерживания органических растворителей в зависимости от длины сорбционного слоя. С этой целью использовали хроматографические колонки из стекла длиной 100 мм, внутренним диаметром 4 мм. В нижней части колонки монтировалась виала с растворителем, на которую одевали кольцевой постоянный магнит. Было отмечено, что для органических растворителей, имеющих дипольный момент, близкий к нулю, эффекта влияния магнитных полей не отмечено. Для органических веществ, имеющих дипольный момент, отмечаются существенные изменения времени удерживания сорбатов, что можно использовать в практических целях регулирования селективности разделения электродонорных сорбатов.

УДК 543.054.2

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ КОЛОНОЧНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

ЯЛАЛОВ И.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор НОВИКОВ В.Ф.

В последнее время хроматографические методы разделения интенсивно развиваются. Это связано с тем, что огромное число «степеней свободы», присуще хроматографическому методу, делает его перспективным для анализа самых различных объектов.

Классический вариант жидкостной колоночной хроматографии, предложенной М.С. Цветом, заключается в том, что через стеклянную колонку, заполненную соответствующим сорбентом, сверху подается растворитель вместе с анализируемой пробой, которая разделяется на компоненты по мере продвижения по длине сорбционного слоя. Наряду с определенными достоинствами этот метод имеет и определенные недостатки, заключающиеся в больших объемах подаваемого растворителя, сложности детектирования и окончания процесса разделения.

Определенный интерес представляет способ оценки сорбционной емкости адсорбентов и физико-химических свойств растворителей путем проведения процесса хроматографического разделения подачей растворителя снизу колонки за счет естественных капиллярных сил. Это позволяет достаточно точно определить удерживание растворителя и анализируемых веществ, кроме того, четко определить конечное время окончания процесса разделения, чему и посвящена настоящая работа.

Для выполнения экспериментальной работы была сконструирована лабораторная установка, представляющая собой виалу, в которую вставлены стеклянные трубочки различного диаметра, заполненные сорбентом. В виалу помещается растворитель, который за счет капиллярных сил сорбента поднимается вверх. Через каждые 10 миллиметров фиксируется время подъема растворителя и по разности веса хроматографической колонки до и после поглощения рассчитывается сорбционная емкость адсорбента по отношению к различным по физико-химической природе растворителям.

Известно, что с увеличением полярности растворителя повышается степень диссоциации и теплота сольватации. При этом по мере роста

полярности растворителя его молекулы начинают конкурировать за реакционный центр поверхности адсорбента. Кроме того, увеличение полярности растворителя приводит к усилению поляризации молекул, имеющих полярные функциональные группы. В то же время взаимодействие растворителя с поверхностью адсорбента может привести к разрыву молекулярных связей, что способствует понижению свободной энергии адсорбции.

Определена зависимость времени удерживания ацетона и хлороформа, имеющих близкие температуры кипения, от длины сорбционного слоя. В качестве адсорбента использовали пористый природный материал, приготовленный на основе цеолитсодержащих пород Татарско-Шатрашановского месторождения. При этом хлороформ имеет более высокие времена удерживания, чем ацетон, несмотря на то, что он имеет меньший дипольный момент (1,20 D), чем ацетон (2,70 D).

Поэтому предварительную оценку растворителей, используемых в качестве элюэтов для жидкостной хроматографии, необходимо проводить по полярности и сорбционным характеристикам, по простоте индивидуального состава, нетоксичности, отсутствию примесей загрязняющих веществ и др. Кроме того, после проведения процесса хроматографического разделения, растворитель должен испариться, то есть иметь низкую температуру кипения. Отдельные компоненты растворителя не должны слишком сильно различаться по полярности и не образовывать отдельных фронтов разделения.

Таким образом, полярность растворителей, используемых в жидкостной колоночной хроматографии, играет определённую роль в сорбционных процессах, которую следует учитывать при разработке конкретных методик анализа сложных смесей.

СЕКЦИЯ 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

УДК 681.5

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕДОСТОВЕРНОСТИ И ПРОМАХОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ

АЙРИЕВ А.Э., МИШИНА О.Д., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. доцент ТЕТЕРЕВКОВ И.В.

Построение систем управления на базе сетей микропроцессорных контроллеров с применением SCADA-систем позволяет существенно расширить класс решаемых задач. При этом все большую важность приобретают проблемы, связанные с анализом достоверности и точности данных, являющихся исходными для проведения расчетов комплексных показателей или выработки управляющих воздействий. Наличие в системе цифровой части высокой вычислительной мощности позволяет получать решение с применением новых подходов и алгоритмов обработки данных.

В процессе проведения измерений постоянно возникает вопрос: а всем ли полученным значениям можно доверять? Ведь неправильные исходные данные приводят к неверным управляющим воздействиям, что в общем случае может даже вывести объект в аварийный режим. А использование некорректных данных для проведения расчетов способно существенно исказить результат вычислений, что (например, при вычислении технико-экономических показателей) может оказаться неприемлемым. С другой стороны, отказ от значений, показавшихся нам сомнительными, но на самом деле являющихся верными, также может привести к негативным последствиям.

Естественно, что в процессе измерения некоторые полученные данные могут быть некорректными. Тогда резонно поставить вопрос о том, как определить эти заведомо неверные значения. Ответ будет зависеть от того, как обрабатываются данные. Если мы имеем дело с текущим измеренным значением (рассматриваемым безотносительно к набору предыдущих отсчетов, за исключением последнего), то такая постановка вопроса соответствует задаче проверки достоверности. Она решается двумя путями.

В первом случае применяется проверка «по утопленному нулю», когда выходной сигнал преобразователя настраивается таким образом,

чтобы нижней границей диапазона был не ноль, а, например, один миллиампер. Тогда сигнал, близкий к нулевому, свидетельствует об обрыве в измерительной цепи и считается недостоверным. Во втором случае применяют проверку по максимальной скорости изменения сигнала, рассчитывая разность между текущим и предыдущим отсчетами измеряемой величины. Так как объект управления обладает некоторой инерционностью, то и его параметры не могут изменяться мгновенно. Следовательно, зная динамические свойства объекта и шаг квантования при опросе датчиков, можно определить предельно допустимое значение, на которое может измениться измеряемый параметр, чтобы результат измерения не был признан недостоверным.

Более сложным является случай, когда цель проведения измерений – получение некоторой выборки с ее последующей обработкой. Тогда возникает задача определения так называемых промахов, то есть результатов, содержащих в себе значения погрешности, заведомо искажающие результат. «Классическим» способом решения является применение правила « 3σ », при котором все значения, по модулю превышающие утроенное значение СКО, считаются промахами. Данный подход основывается на предположении, что все погрешности распределены нормально. Тогда внутри диапазона $[-3\sigma; 3\sigma]$ (при условии центрирования значений, то есть равенства математического ожидания нулю) будет находиться 99,7 % всех возможных значений. Таким образом, шанс признать достоверное значение промахом крайне мал: всего лишь 3 раза на 1000 отсчетов.

Главная проблема состоит в том, что нет никаких оснований признавать все погрешности распределенными нормально. По экспертному мнению, в более чем пятидесяти процентах случаев закон распределения относится к другим типам. В этом случае выбор границ диапазона для определения промахов необходимо производить с учетом реального закона распределения: границы на уровне $\pm 3\sigma$ могут быть как избыточными, так и недостаточными для удаления результатов.

Например, для равномерного распределения подход « 3σ » вообще не «уберет» из выборки ни одного значения, а истинной границей для определения промахов будет $1,8\sigma$. С другой стороны, для распределений с более протяженной функцией плотности распределения границы должны быть существенно шире. Так, для распределения Лапласа с $f(x)=0,5e^{-|x|}$ в диапазон $[-3\sigma; 3\sigma]$ попадает лишь 98,56 % отсчетов, а требуемому значению в 99,7 % соответствует более широкий диапазон $[-4,108\sigma; 4,108\sigma]$.

В докладе также приводятся данные и по другим законам распределения, доказывающие справедливость предложенного подхода к определению промахов: допустимые границы для диапазона достоверных значений необходимо выбирать с учетом закона распределения результата.

УДК 681.5:697.1

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ ЖИЛОГО МНОГОКВАРТИРНОГО ДОМА

АМИНОВА М.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ПЛОТНИКОВ В.В.

В последнее время для отопления дома и получения горячей воды используют несколько источников тепла. Использование солнечных батарей становится все более актуальным сегодня, когда запасы топлива постепенно заканчиваются. Нефти и газа становится все меньше, соответственно, цена на них растет. Да и электричество дорожает с каждым днем. Тогда как батареи позволяют получить необходимую энергию из постоянного и, что главное, абсолютно бесплатного источника – солнца.

В ходе данной работы была разработана система управления инженерными системами городской квартиры. Разработана комбинированная система «солнечные коллекторы + газовый котел». Разработаны схемы автоматизации. Для каждого элемента автоматизации были подобраны свои датчики и устройства, рассчитана оптимальная АСР.

Описание системы управления комбинированной системой отопления и водоснабжения (рис.1.):

Бойлер-аккумулятор заполняется холодной водой. Солнечный коллектор и соединительный трубопровод системы заполняются теплоносителем, нагреваемый солнечным излучением. При помощи насоса нагретая жидкость начинает перемещаться в верхнюю часть солнечного коллектора, а далее по трубопроводу в бак-аккумулятор. В коллекторном контуре устанавливается постоянная циркуляция, скорость и интенсивность которой зависят от плотности потока солнечного излучения. При перерасходе тепловой энергии из бойлера, его нижняя часть охлаждается, что дает команду электронному контроллеру включить дополнительный подогрев от газового котла. Комнатный датчик

температуры проверяет температуру в помещении. Если температура опустится ниже предустановленной, включится насос отопления, таким образом, будет отбираться часть тепловой энергии из бойлера для отопления.

Если батареи не работают, термостат переключает котел в режим подогрева воды в бойлере до момента достижения в нем заданной температуры. Если батареи начнут свою работу, это будет обнаружено термостатом, установленным на линии, по которой протекает вода из коллекторов, и котел будет отключен.

На нижнем уровне представлены исполнительные механизмы: циркуляционные насосы, регулирующие клапана и датчики температуры, давления, концентрации CO и CH₄ в воздухе. На среднем уровне представлен контроллер, на верхнем – сенсорная панель.

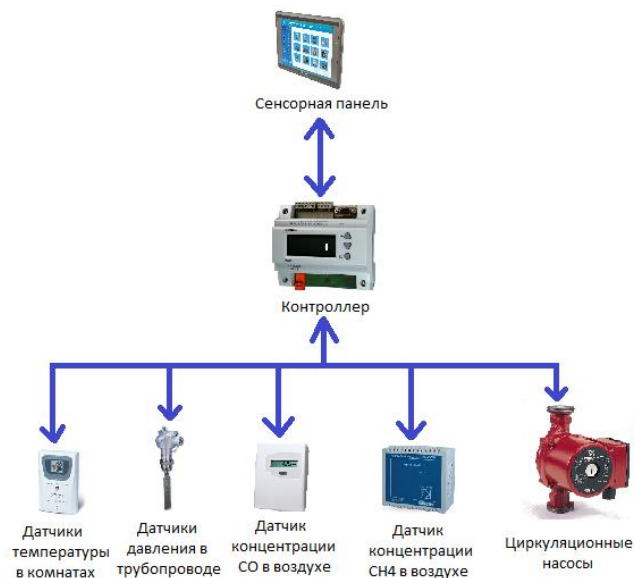


Рис.1. Структурная схема системы управления комбинированной системой отопления и водоснабжения

УДК 621

АНАЛИЗ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТАРЕЛКЕ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

БАГАУТДИНОВА А.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ШАРИФУЛЛИН В.Н.

Для производства моноалкилфенолов на заводе большое значение имеет температурный режим ректификационной колонны процесса выделения моноалкилфенолов. Поэтому была разработана цифровая АСР. Задача данной работы:

- анализ переходных характеристик объекта по основному каналу регулирования;
- расчет настроек основного регулятора.

На первом этапе расчет каскадной АСР проводится по эквивалентным объектам. Находится передаточная функция эквивалентного объекта для основного регулятора и для вспомогательного регулятора.

Для приближенного расчета настроек основного регулятора принимают допущение о том, что рабочая частота основного контура (ωp) намного меньше, чем вспомогательного ($\omega p1$), и при $\omega = \omega p$.

Критическая настройка регулятора, при которой замкнутая система регулирования будет находиться на границе устойчивости: $C1_{кр}=0,045$, $\omega_{кр} = 3,26$.

На втором этапе работы используется расчет приближенных настроечных параметров вспомогательного регулятора с помощью математического пакета MatLab.

Выяснили, что чем больше значение интервала квантования T , тем меньше по сравнению с непрерывным алгоритмом область заданного запаса устойчивости и тем ниже динамическая точность АСР.

Критическая настройка регулятора, при которой замкнутая система регулирования будет находиться на границе устойчивости: $C1_{кр}=1,56$; $\omega_{кр} = 0,015$.

УДК 621.311.61

**РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ АВТОНОМНОГО ПИТАНИЯ
ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ ДАТЧИКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ**

ГАЛЕЕВ К.И., ГАЛЕЕВА А.Э., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. ассистент ГИЛЯЗОВ Д.Р.

Любая полноценная автоматизированная система строится на трёх уровнях. Наиболее важным и неотъемлемым уровнем является нижний (полевой), где располагаются исполнительные механизмы и датчики. Сегодня технологии, применяемые при передаче данных от датчиков к контроллеру, «шагнули» вперед, и стало возможным использование беспроводных датчиков, передающих информацию по протоколу IEC 62591 WirelessHART. Это позволило отказаться от проведения протяженных линий связей от датчиков до контроллера, однако нерешенной осталась проблема необходимости питания самих датчиков.

В качестве решения данной проблемы предлагается использование устройств-приставок генераторного типа со встроенной аккумуляторной батареей. Батарея предназначена для полноценного питания датчика при запуске и останове технологического процесса, когда невозможно обеспечить номинальный режим работы генератора. В качестве генераторов могут выступать катушки индуктивности для трубопроводов с токопроводящей средой, для газообразных сред может применяться крыльчатка с передачей энергии на вал генератора и т.д.

Благодаря такому решению становится возможной реализация бесперебойного питания и отказ от кабелей питания. В случае старения аккумулятора или выхода из строя генератора нет необходимости производить демонтаж самого датчика, достаточно заменить аккумулятор или произвести замену приставки.

Таким образом, данная разработка не является чем-то новым и неизученным, а является вполне реальным в перспективе продуктом, призванным обеспечить удобство и простоту обслуживания средств измерений, работающих по беспроводному протоколу.

УДК 621.483

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЬДОАККУМУЛЯТОРНОЙ УСТАНОВКИ

ГАЛИЕВ А.И., КНИТУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ГИЛЬФАНОВ К.Х.

Согласно «Концепции создания территориально обособленного инновационно-производственного центра «ИнноКам» на территории Республики Татарстан предполагаются населенные пункты с малоэтажной жилой застройкой (коттеджи, таунхаусы) пригородов, отдаленных от центральных районов городов и поселков. В основном в таких районах отсутствуют подведенные тепловые и газовые сети, а недостаточные мощности электрических сетей заставляют применять современные энергоресурсосберегающие технологии для теплоснабжения зданий. При строительстве жилья в районах со слаборазвитой инфраструктурой надежным современным источником тепловой энергии могут быть тепловые насосы, использующие теплоту возобновляемых природных источников (массив грунта, грунтовые воды, воды водоемов, наружный воздух и др.). Особенностью такой теплонасосной системы теплоснабжения (ТНСТ) является экологичность, энергоэффективность и экономичность.

Выбор источников теплоты, режимных и технологических характеристик системы определяют экономическую эффективность ТНСТ. Однако эффективность применения ТНСТ в климатических условиях России низкая, это связано с тем, что существующие нормы и рекомендации проектирования ТНСТ для малоэтажной жилой застройки не учитывают особенностей климатических условий, удельные тепловые нагрузки, тарифы на энергоносители и т.п.

Данная работа заключается в изучении современных ТНСТ и разработке системы теплоснабжения малоэтажной застройки на их основе для наших климатических условий. Система будет включать в себя: тепловой насос, солнечный коллектор и льдоаккумуляторную установку. Льдоаккумуляторная установка представляет собой теплоизолированный бак, наполненный водой, с изотермическими крышками, в котором расположен теплообменный модуль, реализованный на базе испарителей змеевиком типа. Преимуществом данной установки является то, что она

позволит собирать большое количество энергии из окружающей среды в тёплое время года и хранить её. Благодаря тепловому насосу мы сможем использовать эту энергию в течение всего года на отопление помещения и обогрев воды. На данный момент для системы теплоснабжения я разрабатываю программу, которая позволит эффективно распределять тепло в помещениях жилого дома. Одним из важных параметров, которая будет учитывать программа – это значения наружной температуры воздуха.

Принцип работы достаточно прост, вода в баке нагревается как от солнечного коллектора, так и от окружающей земли, далее эта энергия преобразуется тепловым насосом в тепло системы отопления. Если температура внутри бака при этом опускается ниже точки замерзания, то энергия из окружающей среды вновь её повышает. Благодаря непрерывной смене процессов замораживания и оттаивания в нашем распоряжении находится неограниченный источник тепла.

УДК 004.9:378

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В КОНТЕКСТЕ ЛИЧНОСТНОГО РОСТА

ГАТИН И.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент БОГДАНОВ А.Н.

Профессиональная компетенция – это умения, знания и практические навыки человека, позволяющие успешно выполнять должностные обязанности. Для формирования профессиональной компетенции и информационной компетенции создаётся специальный алгоритм раскрытия внутренних талантов и задатков, он реализован в виде электронного приложения. Данная программа выявляет фактический уровень знаний, производит оценку комплектности умений и навыков, оценку творческой деятельности для нахождения своего профессионального пути. В качестве определенной профессиональной компетенции было выбрана специальность программист. С развитием техники после третьей научно-технической революции, а именно с развитием вычислительной техники и соответственно в настоящее время растёт потребность по подготовке профессионалов в области программирования.

Исследуя деятельность специалиста-программиста и его основные профессиональные компетенции, можно разделить эту профессию на шесть специализаций: веб-программист, разработчик игр, разработчик приложений под Android, разработчик приложений под iOS, программист 1С, инженер-программист.

Веб-программист – разрабатывает «ядро» сайта или веб-приложения.
Основные знания и навыки:

- языки программирования: PHP, Python, Java, Go, JavaScript, HTML;
- базы данных MySQL/PostgreSQL/NoSQL;
- утилиты для сборки проектов (Grunt, Gulp, Bower).

Разработчик игр – разрабатывает компьютерные и мобильные игры.

Основные знания и навыки:

- язык программирования: C#/C++/Java;
- Open GL или DirectX;
- один из игровых движков (Unity, Unreal Engine, Torque и другие).

Разработчик приложений под Android – разрабатывает приложения под операционную систему Android. Знания и навыки:

- объектно-ориентированный язык программирования Java;
- среды разработки (Android SDK, Android Studio);
- OpenGL.

Разработчик приложений под iOS – разрабатывает приложения под операционную систему iOS. Знания и навыки:

- объектно-ориентированный язык программирования C;
- XCode;
- OpenGL;
- программные платформы (Cocoa Touch, CoreData);
- CoreGraphics.

Программист 1С – разрабатывает программы для автоматизации документооборота в компании. Знания и навыки:

- «1С:Управление торговлей»;
- «1С:Бухгалтерия»;
- «1С:Зарплата и кадры»;
- неполнофункциональный язык программирования 1С;
- T-SQL.

Инженер-программист – разрабатывает программы для управления и автоматизации самых разных устройств. Знания и навыки:

- языки программирования: C, C#, C++, Java, Delphi (Pascal), Assembler;
- языки системы управления базами данных: FoxPro, SQL;

– технические знания, соответствующие отрасли работы.

Электронное приложение создаётся для выявления и оценки профессиональных компетенций в области программирования и состоит из пяти компонентов:

- Анкетирование, в нём происходит регистрация и опрос;
- Тестирование по пройденным теоритическим материалам по балльной системе;
- Тренировочные упражнения с отчётами и выставлением баллов;
- Отчёты по выполнению алгоритмических задач с дифференцированной оценки.
- Отчёты о выполнении творческих заданий по программированию и оценке по балльной системе.

Программа будет доступна на персональных компьютерах и ноутбуках с установленной операционной системой Windows, разрабатываемое электронное приложение будет написано на языке программирования C++.

В заключение необходимо отметить, что в итоге, после прохождения всех заданий и упражнений, алгоритм электронного приложения позволяет отнести обучающихся к одной из шести веток специализации, в зависимости от их уровня знания, умения, навыков и творческой деятельности в области программирования.

УДК 621.914.3

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СТАНКА С ЧПУ

ГАТИЯТУЛЛИН Б.Р., ФАЗЛИАХМЕТОВА Л.А., ШАМСИЯРОВ А.Н.,
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук ДАНИЛОВ В.А.;

канд. техн. наук, доцент БОГДАНОВ А.Н.

Станок с ЧПУ – это фрезерный, гравировально-фрезерный станок, оборудованный числовым программным управлением (ЧПУ) для автоматизированного расчета и выполнения различных операций технологического процесса.

Целью разработки станка с ЧПУ послужила надобность изготавливать каркасы для 3D-принтеров, станков, чтобы улучшить их производительность и точность, делать печатные платы, изготавливать сувенирную, рекламную продукцию.

Технические характеристики изготавливаемого станка: рабочая область 800x750x150 мм, что позволит обработать материалы больших размеров, массивный железный каркас способствует увеличению точности обработки, шпиндель мощностью 2,2 кВт, управляемый частотным преобразователем, позволяет обрабатывать материалы не только из дерева и пластика, но и из твёрдых металлов, малый угол поворота шаговых двигателей позволяет добиться высокой точности.

Первым очевидным плюсом нашего станка с ЧПУ является более высокий уровень автоматизаций производства. Случаи вмешательства оператора станка в процессе изготовления детали сведены к минимуму. Станок может работать практически автономно, изготавливая продукцию с неизменно высоким качеством.

Вторым преимуществом является производственная гибкость. Это значит, что для обработки разных деталей нужно всего лишь заменить программу. А уже проверенная и обработанная программа может быть использована в любой момент и любое число раз.

Третьим плюсом является высокая точность и повторяемость обработки. По одной и той же программе мы сможем изготовить с требуемым качеством тысячи практических идентичных деталей.

На данный момент станок в процессе сборки, собран каркас, закуплены все составляющие детали. Осталось завершить сборку, настроить электронику и запустить станок.

УДК 621

ПРИМЕНЕНИЕ CRM-СИСТЕМ В ОРГАНИЗАЦИОННОЙ РАБОТЕ ШСО «ТЕСЛА»

ГИМАЕВА Р.Ф., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. ассистент ГИЛЯЗОВ Д.Р.

CRM-системы (Customer Relationship Management System) – системы управления взаимоотношениями с клиентами. Они позволяют организовать учет входящих обращений, картотеку клиентов, систему напоминаний о важных действиях, а также строить полезные отчеты.

Рассмотрим CRM-системы на примере штаба студенческих отрядов «Тесла» как объекта управления. В ШСО, как и в любой организации, существуют коммуникационные проблемы. Например: организация

глобального мероприятия. Чтобы решить данные проблемы можно применить CRM- системы.

Перед тем, как выбрать CRM-систему, нужно понять, какие задачи и процессы необходимо автоматизировать. Для анализа были рассмотрены следующие продукты: Мегаллан, Битрикс 24, amoCRM, zohoCRM, Microsoft Dynamics. Данные системы сравнивались по следующим критериям:

- Простота и гибкость при установке;
- Доступный интерфейс;
- Интеграция с другими автоматизированными системами;
- Возможность работы с мобильными пользователями и группами пользователей;
- Приемлемость по цене, внедрении и сопровождении.

В результате проведенного анализа для внедрения в ШСО «Тесла» была выбрана CRM-система «Битрикс 24».

Достоинства данной системы состоят в следующем:

- Удобство и простота использования программы;
- Возможность вести активные обсуждения в чате;
- Возможность объединять всех участников в рабочие группы;
- Возможность регулировать степень участия каждого работника штаба;
- Имеет открытую архитектуру для программирования.

С помощью данной системы была решена проблема распределения задач между членами штаба. Если один из сотрудников не успевает с выполнением поручения, то у руководителя есть возможность передать это задание другому работнику. Открывая общие календари, можно увидеть загруженность каждого.

В планах решить задачи глобальнее или узконаправленные.

УДК 681.5

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ РАБОТЫ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

ДАНИЛОВА А.С., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. доцент ТЕТЕРЕВКОВ И.В.

Задача повышения качества управления технологическими объектами (особенно в условиях действия параметрических возмущений,

что характерно для теплоэнергетики) требует для своего решения отказа от применения классического ПИ-регулятора и перехода к новым классам систем. Одним из наиболее привлекательных вариантов представляется применение систем управления на базе нечеткой логики, при выработке управляющего воздействия оперирующих не количественными, а качественными показателями.

Процесс создания нечеткой системы требует от разработчика ответа на несколько принципиальных вопросов:

- Какие лингвистические переменные будут применены?
- Сколько термов будет содержаться в терм-множестве, и в чем заключается смысл этих термов?
- Каков вид функций принадлежности?
- Какой способ логического вывода будет применен?

Выбор того или иного варианта ответа на эти вопросы в общем случае зависит от технологического процесса, для управления которым создается система, и мнения эксперта, чьи знания закладываются в ее основу. Тем не менее, особенности работы исполнительной части системы регулирования могут повлиять на принимаемые решения.

Так, в большинстве случаев в качестве стандартного набора лингвистических переменных выступают ошибка управления и ее первая производная. Таким образом, мы имеем дело с нечетким подобием ПД-закона регулирования, который, с учетом наличия исполнительного механизма постоянной скорости (с точки зрения динамики являющегося интегратором), преобразуется в нечеткий ПИ-закон. При добавлении в набор лингвистических переменных второй производной ошибки управления мы получим нечеткий аналог ПИД-закона регулирования. В обоих случаях наличие И-составляющей при управлении объектом с самовыравниванием обеспечивает достаточную точность регулирования, в частности, отсутствие статической ошибки.

Но в современных системах в качестве исполнительного механизма все чаще применяют позиционеры, с точки зрения динамических свойств относящиеся к пропорциональным или апериодическим (с малой постоянной времени) звеньям. Такие механизмы значительно повышают быстродействие исполнительной части и (особенно при работе на малых нагрузках) показывают существенное снижение потребляемой электроэнергии. В этом случае базовый набор лингвистических переменных (ошибка и ее производные) приводит к отсутствию в эквивалентном законе И-составляющей и, следовательно, к появлению статизма. Поэтому разумным представляется замена переменной

«производная ошибки управления» на переменную «интеграл ошибки управления». Проведенные исследования для различных видов нечетких систем показали оправданность такого подхода: при сохранении высокого качества при обработке координатных и параметрических возмущений ввод новой лингвистической переменной позволяет полностью устранить статическую ошибку при применении позиционера в качестве исполнительного механизма.

При выборе вида функции принадлежности (в случае наличия исполнительного механизма постоянной скорости) он может быть сделан исходя из желания снижения затрат электроэнергии на собственные нужды. Например, при управлении подачей воздуха в паровом котле в качестве основной составляющей критерия оптимальности может выступать минимизация потребляемой электрической мощности. Автором была проанализирована работа различных нечетких систем, отличающихся друг от друга лишь видом функций принадлежности. При этом оказалось, что нелинейные функции приводят к существенно меньшему потреблению электроэнергии. Например, в системе с двумя лингвистическими переменными (ошибка и ее производная) и двумя лингвистическими термами («положительная» и «отрицательная») применение экспоненциальных функций принадлежности по сравнению с треугольными (при сопоставимых показателях качества регулирования) позволило снизить мощность на реализацию управляющего воздействия примерно в два раза.

Желание сэкономить на электроэнергии, а также повысить надежность работы исполнительных механизмов (что достигается снижением частоты их включения) привело (в результате анализа опытных данных) к выводу о предпочтительности логического вывода Мамдани по сравнению с методом Сугено.

Таким образом, при ответе на три из четырех вопросов, принципиальных для построения системы управления на базе нечеткой логики, важным оказывается учет особенностей работы исполнительного механизма. Основные результаты исследований, подтверждающие заявленные положения, приведены в докладе.

УДК 681.3

СИНТЕЗ ДВУХКОНТУРНЫХ АСР МЕТОДОМ ЧАСТОТНОЙ АППРОКСИМАЦИИ

ЕРШОВ В.Е., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. ст. преподаватель НАУМОВ Ю.В.

В задачах управления теплоэнергетическими объектами зачастую возникает необходимость в применении двухконтурных схем регулирования. Классические методы параметрической оптимизации МАЧХ и РКЧХ не всегда позволяют синтезировать АСР с заданными требованиями к качеству управления. Для решения этой задачи предлагается воспользоваться методом частотной аппроксимации КЧХ.

В работе рассматривается задача синтеза АСР температуры пара для котлоагрегата ТПЕ-208. Основной параметр – температура за конвективным пароперегревателем (КПП). Вспомогательный сигнал – температура за КрШ. Регулирование температуры осуществляется впрыском питательной воды клапаном РВ-1. Передаточные функции объектов по каналам Грв1-Ткпп и Грв1-Ткрш представлены звеньями 3-го порядка.

Рассматривается каскадная схема с корректирующим и стабилизирующим регуляторами и схема с дифференциатором. Расчет сводится к расчету двух одноконтурных АСР путем преобразования эквивалентных схем.

В соответствии с методикой частотной аппроксимации, задаем желаемые передаточные функции для каждого из контуров.

$$W_{\text{ЗС иск}}(p) = \frac{1}{700p^2 + 30p + 1};$$

$$W_{\text{ВН.иск}}(p) = \frac{22p + 0,834}{1000p^3 + 100p^2 + 31,77p + 0,826}.$$

Получаем векторы параметров настройки для обеих схем. Графики переходных процессов представлены на рис. 1

$$\overline{c}_{\text{рс}}^{\text{опт}} = \begin{pmatrix} -0,541 \\ 12,441 \end{pmatrix}; \overline{c}_{\text{рк}}^{\text{опт}} = \begin{pmatrix} 0,465 \\ 16,277 \end{pmatrix}.$$

$$\overline{c}_{\text{дифф}}^{\text{опт}} = \begin{pmatrix} 2,15 \\ 16,277 \end{pmatrix}; \overline{c}_{\text{рег}}^{\text{опт}} = \begin{pmatrix} -0,251 \\ 12,441 \end{pmatrix}.$$

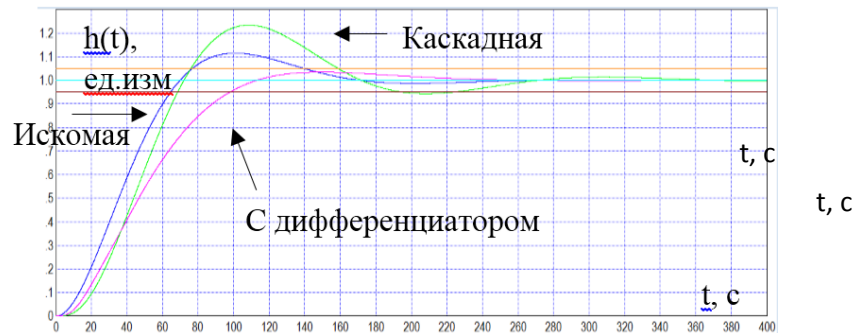


Рис. 1. Графики переходных процессов в системе

По результатам вычислительных экспериментов можно сделать вывод о применимости методики к синтезу двухконтурных АСР.

УДК 681.5

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

ИВАНОВ И.А., КОМАРОВ И.О., ИГЭУ, г. Иваново
 Науч. рук. доцент ТЕТЕРЕВКОВ И.В.

В процессе создания автоматизированных систем часто возникает необходимость проведения идентификации объекта управления. Существует большое количество методов, позволяющих получить искомую модель. Но часто классические подходы оказываются слишком затратными или просто невозможными. Например, при сильном влиянии шумов для получения кривой разгона, пригодной для обработки, необходимо провести значительное количество опытов. Это приводит к снижению технико-экономической эффективности объекта управления, так как он работает не в оптимальном режиме. Кроме того, большинство используемых методов непригодно для идентификации объекта в замкнутом контуре регулирования, а значит, система автоматического регулирования на время эксперимента должна быть отключена.

Желание снизить экономические потери, также как и требование проведения идентификации объекта в замкнутом контуре управления приводит к необходимости появления новых подходов для решения рассматриваемой задачи. Одним из наиболее привлекательных вариантов является использование генетических алгоритмов, реализующих при поиске решения идеи эволюции и естественного отбора. Еще один перспективный путь основан на применении нейронных сетей.

Изначально нейронные сети создавались как математический аппарат для восстановления некоторых зависимостей (наиболее удачное применение – задача распознавания образов). Но по своей сути идентификация также относится к подобному классу задач, что делает применение нейронных сетей в этой области крайне привлекательным.

Получить искомое решение можно с помощью двух подходов. Первый предполагает построение функциональной модели. В этом случае главная задача сети – выдавать на выходе такие же значения, что и объект при подаче на вход сети того же сигнала, что и на входе объекта. Таким образом, сеть становится неким «имитатором» объекта. При этом ее внутренняя структура может быть практически любой: количество слоев и нейронов в каждом слое, а также вид функций активации нейронов ничем не ограничиваются. Строго определенными являются только количества нейронов во входном и выходном слоях: они соответствуют числу входов и выходов в создаваемой модели.

Естественно, что сеть перед использованием должна быть подвергнута процессу обучения, что может занять довольно продолжительное время. Затем подобная нейронная сеть может быть использована в качестве «заменителя» объекта в процессе наладки элементов АСР. При этом основным недостатком является невозможность применения такой модели для решения задачи аналитической настройки регуляторов.

Более перспективным может стать построение параметрической модели. В этом случае задачей нейронной сети является не создание имитатора, а нахождение параметров, определяющих динамические и статические свойства объекта. Например, на выходе сеть может выдавать коэффициенты передаточной функции или разностного уравнения. В последнем случае структура нейронной сети определяется только порядками Z -передаточной функции. Количество нейронов во входном слое соответствует количеству слагаемых в правой части рекуррентного разностного уравнения, а выходной слой содержит всего один нейрон с функцией активации в виде суммирования. На выходе сеть должна выдавать тот же сигнал, что и на выходе объекта. Промежуточный слой является единственным, а веса синаптических связей соответствуют коэффициентам разностного уравнения. Таким образом, после обучения такая сеть в явном виде определит коэффициенты разностного уравнения. Для обучения наиболее подходящим является метод обратного распространения ошибки, который (ввиду крайне простой структуры сети) приводит к достаточно простым формулам перестроения весов.

Авторы использовали изложенный подход для построения нескольких параметрических моделей. Исследования показали его полезность и позволили сделать два практических вывода:

- Время, необходимое на обучение модели, возрастает вместе с повышением порядков разностного уравнения.

- Качество получаемого решения в значительной степени зависит от обучающей выборки: входной сигнал объекта не должен обладать «бедным» спектром, особенно в случае построения моделей низких порядков.

Необходимые теоретические выкладки, а также основные результаты, подтверждающие заявленные положения, приведены в докладе.

УДК 62-503.55

ПОВОРОТНЫЙ СТОЛ ДЛЯ 3D-СКАНЕРА

КАЮМОВ А.А., АХМЕТЯНОВ Э.Р., ШАМСИЯРОВ А.Н., КГЭУ,
г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук ДАНИЛОВ В.А.

Целью работы является разработка автоматизированного поворотного стола для портативного 3D-сканера Sense. Сканер позволяет создать компьютерную 3D-модель объекта. Качество получаемой 3D-модели зависит от различных факторов: сложность геометрии поверхности объекта, освещенность, скорость сканирования. Для портативного 3D-сканера важным является человеческий фактор. Если рука дрогнет или сканер неравномерно проведет вокруг объекта – качество получившейся 3D-модели может значительно ухудшиться.

Разработка автоматизированного поворотного стола на 360 градусов позволит уменьшить человеческий фактор и увеличить точность сканирования физических объектов. Управление поворотным столом должно предусматривать ручной и автоматический режимы. Нами были определены технические характеристики поворотного стола: габариты стола не более 40х40 см, масса установки до 10 кг, угол поворота 360 градусов, 3 режима скорости вращения стола, питание 220 В.

Для решения данной задачи мы определили состав необходимых комплектующих и материалов:

- шаговый двигатель 17HS4401;

- микроконтроллер Atmega8A-PU;
- драйвер для шагового двигателя A4988;
- программатор микроконтроллеров;
- материалы: ДСП, гимнастическая тарелка, ремень.

Весь процесс работы был разделен на 3 этапа:

1. Разработка проекта и изготовление отдельных узлов. Были проанализированы существующие аналогичные решения и выбран оптимальный вариант. Результатом этапа стали чертежи поворотного стола и отдельные конструкционные узлы.

2. Монтаж поворотного стола. В результате данного этапа был собран поворотный стол, установлены и подключены элементы управления. Крепления для шагового двигателя изготовлены с использованием 3D-принтера.

3. Программирование и пусконаладка. В результате данного этапа был запрограммирован микроконтроллер Atmega8A-PU и проведено тестирование системы. В настоящее время автоматизированный поворотный стол проходит опытную эксплуатацию в Молодежном инновационном центре КГЭУ «Энергия» (МИЦ).

В результате проведенной работы создан и внедрен в работу автоматизированный поворотный стол для портативного 3D-сканера «Sense». Данная разработка позволила участникам команды изучить программирование микроконтроллера «Atmega8A-PU» и применить на практике знания, полученные на учебных занятиях в КГЭУ.

Также данная разработка имеет практический эффект – облегчает, ускоряет и повышает качество сканирования физических объектов в МИЦ. Имеется также экономический эффект: цена аналогов – от 2500 руб., цена же расходных материалов не превысила 900 руб.

УДК 621

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ НЕФТИ И УПРАВЛЕНИЕ НЕФТЕДОБЫЧЕЙ ПО ДАННЫМ ЯМР-АНАЛИЗАТОРА

КИЕН Н.Т., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор КАШАЕВ Р.С.

В связи с повышением обводненности добываемой скважинной жидкости (СКЖ) актуальна задача разработки экспресс-методов ее контроля по ГОСТ 8.615-2005 на продуктивность (расход) скважин,

концентрации воды и газосодержания и плотности компонентов для оптимизации процессов нефтедобычи. Существующие методы контроля не обладают достаточной представительностью пробоотбора, не дают полной информации об СКЖ и нефти, осуществляются комплектом разных анализаторов и не обладают достаточной оперативностью. Такими возможностями обладает метод импульсного ядерного магнитного резонанса (ЯМР), в частности метод ЯМР-релаксометрии (ЯМРР), являющийся неконтактным, неразрушающим и позволяющим проводить экспресс-анализ в автоматизированном режиме [1].

Целью работ является разработка системы проточного пробоотбора и аппаратуры для реализации экспресс-контроля нефти методом ЯМРР на базе проточного ЯМР-анализатора (ЯМРА) второго поколения (рис. 1,2):

- расхода СКЖ на нефтедобывающих скважинах;
- газосодержания СКЖ и плотности компонентов СКЖ;
- концентрации воды в СКЖ и сырой нефти.

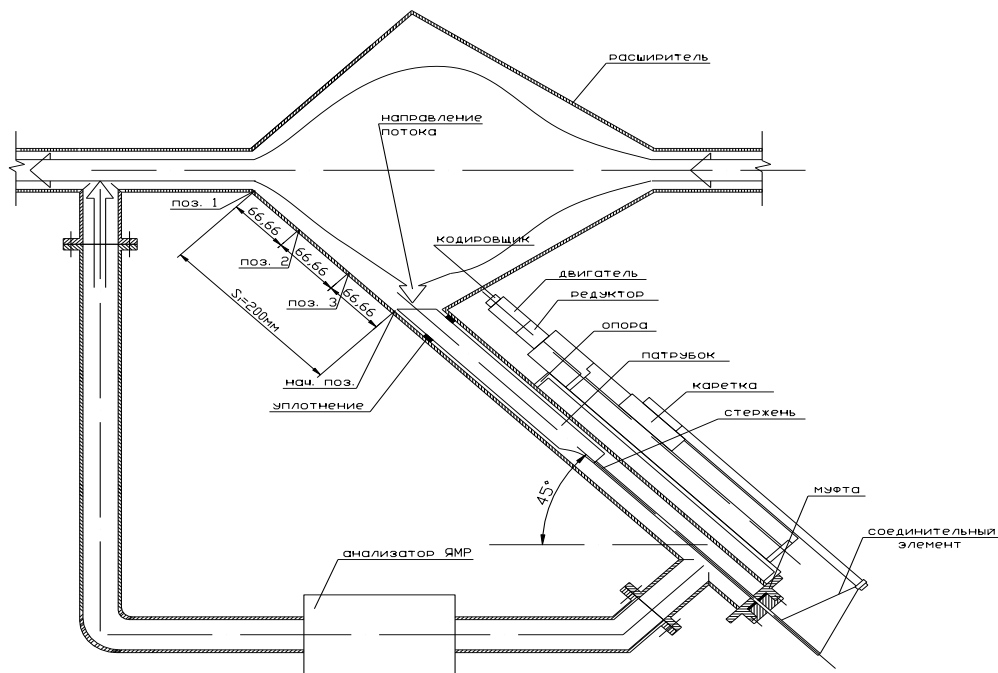


Рис.1. Кинематическая схема системы пробоотбора ЯМРА-II

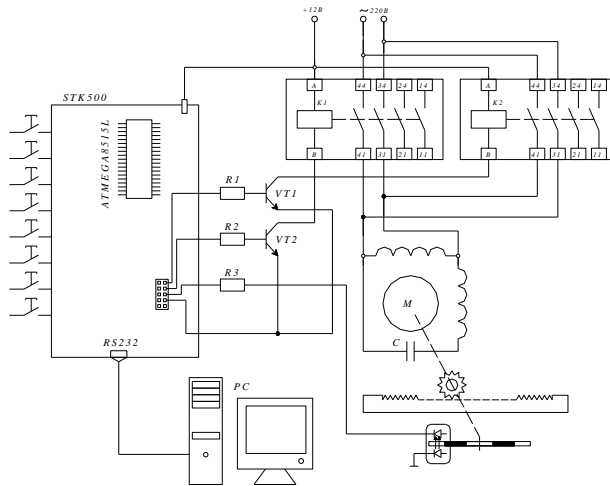


Рис.2. Электрическая принципиальная схема системы пробоотбора ЯМРА-II

Еще одной целью работы является разработка системы автоматического управления процессом контроля нефтедобычи УЭЦН с использованием управляющих сигналов от проточного анализатора ядерного магнитного резонанса (ЯМРА). Дело в том, что на технологические процессы добычи нефти оказывают влияние скачки: изменения расхода СКЖ, плотности и вязкости, газового фактора. Поэтому системы автоматического управления УЭЦН (рис.2) требует решения следующих задач:

- определение расхода и параметров среды (газонасыщенности и плотности СКЖ и нефти), по которым будет осуществляться регулирование УЭЦН;
- регулирование параметров работы погружного электродвигателя (ПЭД) в скважине для поддержания добычи на заданном уровне;
- сигнализацию (оповещение, предупреждение) об отклонениях значений параметров УЭЦН и процесса в целом за допустимые пределы, защиту УЭЦН и другого оборудования в аварийных ситуациях (выключение, перевод на безопасный режим).

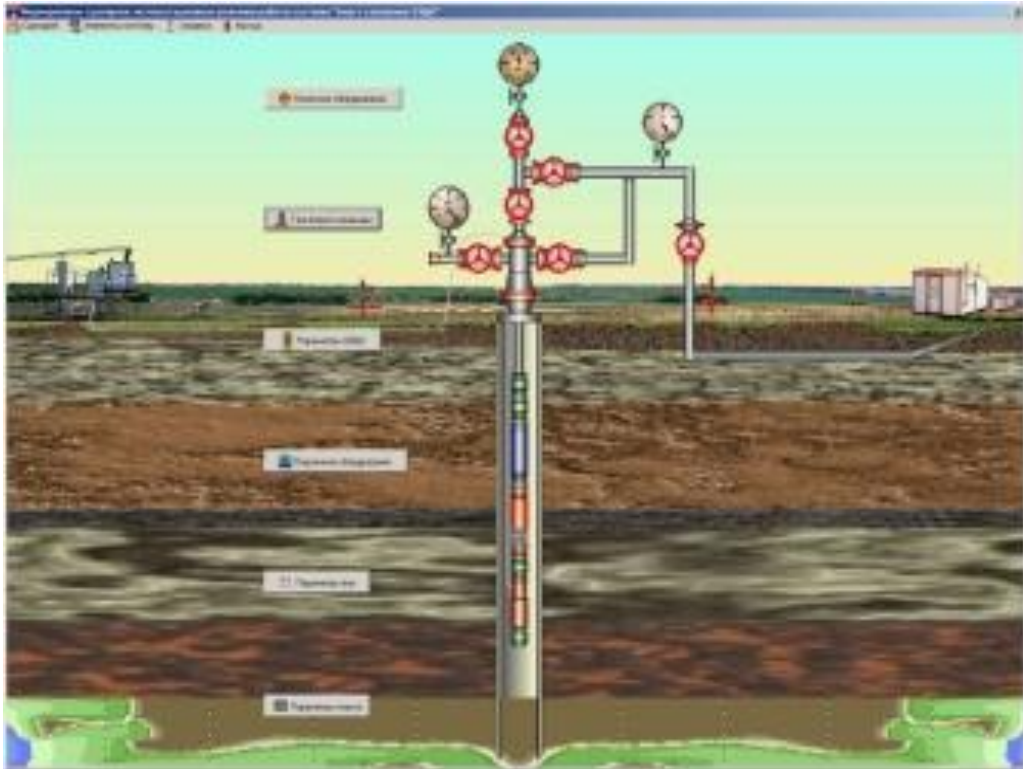


Рис.3. Общий вид фонтанной скважины с установкой центробежных электронасосов (УЭЦН) с погружным электроприводом (ПЭД)

Решение поставленных в аспирантской работе задач позволит одним измерительным комплексом на базе метода ЯМРР обеспечить аппаратную поддержку ГОСТ 8.615-2005 и оптимизировать процессы добычи нефти.

УДК 658.5

АНАЛИЗ И ВЫБОР PDM-СИСТЕМЫ ПРИ ВНЕДРЕНИИ В ОРГАНИЗАЦИИ ЕДИНОГО СПРАВОЧНИКА МАТЕРИАЛОВ В ОБЪЕДИНЕНИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

КИСНЕЕВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент ЕНИКЕЕВА Г.Р.;
руководитель группы внедрения PLM-системы ЕГОРОВ М.Б.

При использовании систем автоматизированного проектирования и подготовки производства важным фактором, влияющим на качество изделия, является не только качество проектирования, но и состояние данных (т. е. их корректность, полнота и актуальности). PDM-система

позволяет значительно улучшить это состояние и, соответственно, повысить качество самого изделия.

В настоящее время на российском рынке имеется ряд программных продуктов, реализующих PDM-технологии. У любой PDM-системы есть свои достоинства и недостатки, поэтому важно принять правильное решение в выборе продукта. Также необходимо учитывать, что их внедрение представляет собой непростую задачу и требует адаптации к нуждам предприятия. Вопросы выбора и внедрения PDM-систем на отечественных промышленных предприятиях для разработки единого ограничительного перечня материалов и процесса управления изменениями посредством автоматизации в объединениях производственных предприятий, нуждаются в детальном рассмотрении.

Проанализировав российский рынок программных продуктов, реализующих PDM-технологии, сделали выбор наиболее подходящей PDM-системы. Выбор был произведен с учетом того, что внедрение происходит на нескольких производственных предприятиях, которые в свою очередь удалены друг от друга и имеют разный научно-технологический потенциал. Исходя из этого, следует, что одной из важных составляющих, является возможность интегрирования выбранной PDM-системы с другими системами. У любой PDM-системы есть свои достоинства и недостатки, поэтому важно принять правильное решение в выборе продукта.

Составим таблицу стоимости и времени полного внедрения на предприятии выбранных продуктов, реализующих PDM-технологии (таблица 1). Стоимость лицензии PDM-системы будем рассчитывать за 5 лет, чтобы принять правильное решение в выборе продукта.

Таблица 1. Стоимость и время полного внедрения PDM-системы

Критерии оценки	ЛОЦМАН:PLM	1С:PDM	SWE-PDM
1	2	3	4
Стоимость лицензии(руб.)	900 000 в год	600 000	3 000 000
Время полного внедрения системы на предприятии	3 года	4 года	2 года
ИТОГО(цена/качество):	3,5	2	5

Исходя из результатов анализа, российского рынка PDM-систем, наиболее оптимальным выбором является SolidWorks Enterprise PDM.

Система обладает преимущественными характеристиками относительно других систем, такими как:

- легкость использования. Достигается благодаря интуитивно понятному простому интерфейсу;
- распространённость. Легко найти учебные пособия и руководства по настройке;
- невысокий порог входа. Для начала работы не обязательно обладать глубокими знаниями в САПР;
- охватывает всю последовательность взаимосвязанных задач – от разработки конструкторской спецификации до выдачи заданий в производство;
- гибкость. Систему можно использовать под различные цели и нужды;
- интеграция с другими PDM-системами;
- минимальное время полного внедрения системы на предприятии.

УДК 681.5

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВА СОСТОЯНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

КОЛЕСОВ В.С., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. доцент ТЕТЕРЕВКОВ И.В.

Задача синтеза классических систем управления на базе ПИД-регулятора и его модификаций решается поэтапно. Сначала необходимо выбрать структуру системы, а затем определить оптимальные параметры настройки ее элементов. При этом применение более сложных структур (например, каскадных систем или систем с компенсацией внешнего возмущения) в первую очередь вызвано желанием повысить качество регулирования за счет использования дополнительных информационных сигналов. Такую же цель преследует и применение пространства состояний: использование для формирования управляющего воздействия значений внутренних координат состояния позволяет существенно снизить потери на переходные процессы.

В условиях существенной нестационарности объекта управления использование жестких законов оказывается неэффективным. В этом случае наиболее подходящим представляется применение систем нечеткой логики, использующих для регулирования не количественный, а

качественный подход. При создании нечеткого регулятора одним из первых вопросов, на который необходимо ответить, является вопрос выбора лингвистических переменных. Наиболее распространенным вариантом является применение таких переменных, как ошибка управления и ее производные. Но если использование координат состояния существенно повышает качество в обычных системах, то почему бы не использовать пространство состояний в задаче создания нечеткого регулятора?

Пространство состояний может формироваться двумя путями. В первом случае в качестве координат используются реальные физические переменные. Во втором переменные состояния являются фиктивными и пространство формируется с помощью одной из так называемых канонических форм. С точки зрения практического применения наиболее существенным является возможная ненаблюдаемость координат или необходимость их восстановления с помощью наблюдателей состояния. Ненаблюдаемость приводит к полной невозможности формирования пространства состояний и, следовательно, к нереализуемости нечеткого регулятора на его основе. Применение наблюдателей позволяет получить информацию о координатах состояния, но восстановленные значения содержат погрешности. Кроме того, для определения параметров наблюдателя необходимо полное знание динамики объекта и проведение итерационного расчета с помощью применения уравнений Риккати.

Автором проводились исследования в области изучения особенностей применяемого пространства состояния в задаче построения нечеткой системы. На первом этапе с помощью анализа типовых теплофизических процессов удалось представить структуру объекта в виде последовательного соединения элементарных звеньев первого порядка, что позволило сформировать пространство состояний на основе реальных физических координат. Этот вариант оказался довольно удачным: нечеткий регулятор легко настраивается с выполнением всех требований к показателям качества.

В случае использования для управления фиктивных, а не реальных физических координат пространство состояний строилось с использованием трех канонических форм:

- управляемости;
- наблюдаемости;
- Жордана.

Наименее удачным оказалось применение форм наблюдаемости и управляемости. Нечеткие системы на их основе имеют плохие показатели

качества: значения квадратичного показателя качества и времени регулирования недопустимо велики. К тому же процесс настройки вызывает значительные трудности, что в первую очередь объясняется невозможностью полностью осознать смысл применяемых для управления координат.

Форма Жордана приводит к разбиению структуры модели объекта на несколько автономных подсистем, каждая из которых вносит свой вклад в формирование выходного параметра объекта. Подобный подход оказался весьма подходящим для применения в системе нечеткой логики: настройка не вызвала значительных трудностей, а качество регулирования удовлетворяет всем поставленным требованиям.

Таким образом, на практике подтверждена идея о применимости пространства состояний в задаче построения системы нечеткой логики. В качестве основных вариантов модели пространства рекомендовано использование либо физических координат, либо формы Жордана.

УДК 517.935.4

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

КОЛОСОВА Ю.С., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КОНДРАШИН А.В.

В ходе разработки систем управления распределёнными теплоэнергетическими объектами возникает потребность имитационного моделирования, обеспечивающего отработку алгоритмических, информационных, программных и технических ресурсов АСУ ТП.

Данная модель может использоваться в целях:

- стендовой отладки систем управления;
- восполнения информации о состоянии технологических параметров, включенная в состав АСУТП.

Проблема выбора форм представления моделей распределенных объектов управления имеет принципиальное значение.

Сложившаяся практика построения моделей ориентирована на применение сосредоточенных линейных динамических моделей, имеющих ограниченные возможности в упомянутой процедуре наладки систем управления. Это препятствует совершенствованию классов задач управления и соответствующих им алгоритмов. В результате не удаётся

обеспечить эффективное управление процессами, что приводит к недоиспользованию потенциала систем, а в конечном счёте – к дополнительным тепловым потерям.

Решением задачи динамического моделирования нестационарных процессов в АСУ распределёнными теплоэнергетическими объектами является модель, представляющая собой взаимосвязанную структуру сосредоточенных моделей – ячеек. Математическая модель ячейки представляет собой систему уравнений, включающую алгебраические, дифференциальные или интегральные уравнения, описывающие физико-химические законы процессов в объекте. Принципиально важным является учёт в коэффициентах уравнений текущих значений теплофизических параметров процесса (расходов, температур, давлений и т.п.).

Получить решение задач многомерных и сложных систем, описанных таким образом, весьма затруднительно. Приходится прибегать к итерационным процедурам. Однако, это приводит к большому объёму вычислительной работы и временным затратам, т.к. к особенностям данных систем относятся: взаимовлияние каналов, высокий порядок уравнений динамики, большое число управляемых параметров.

С целью получения сведений о состоянии технологического параметра в любой момент времени, не прибегая к решению дифференциальных уравнений, предлагается применить алгоритм вычисления данного значения, включающий в себя вычисление значений матрицы перехода. Предлагаемая матричная форма записи имеет неоспоримое преимущество при численном решении, а ясность математических формулировок и самих решений не ухудшается даже для многомерных систем, описывающих поведение сложных производственных комплексов.

Также необходимо обозначить проблему выбора значения шага интегрирования, при котором бы обеспечивалась требуемая точность вычисления и умеренные затраты машинного времени. Как правило, для интегрирования необходим мелкий шаг, а в случае переходных матриц такого требования нет. Вместо точности интегрирования с мелким шагом возникает оценка времени на выполнение расчёта переходной матрицы с заданной точностью, но крупным шагом.

В работе представлен сравнительный анализ методов расчета систем управления, основанных на цифровом моделировании (имитации) и матрично-аналитическом аппарате.

УДК 621.63

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМ ПЕРЕКАЧКИ ЖИДКОСТИ НАСОСОМ С ЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

КРЫЛОВ П.Д., МИХАЙЛОВ А.В., КГЭУ, г. Казань
 Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ГИЛЬФАНОВ К.Х.

Минимизация тепловых и потерь на перекачку жидкости является одной из основных проблем в топливно-энергетической сфере. В настоящее время существует множество разработок в этом направлении.

Согласно расчетам с использованием теории пограничного слоя существуют режимы, при которых возможен выигрыш 2-4 % потерь на перекачку жидкости.

Лабораторный стенд (рис.1) представляет собой водогонную установку с принудительной подачей жидкости и опытным участком. В состав стенда входит: насос WILOTop-s25/7 с частотным электроприводом (преобразователь Micromaster 420). Водогонный узел представляет собой полипропиленовый трубопровод с внутренним диаметром 14 мм и длиной 36 м. Среднее значение расхода измеряется расходомером ВЗЛЕТ ЭРСВ-420л.

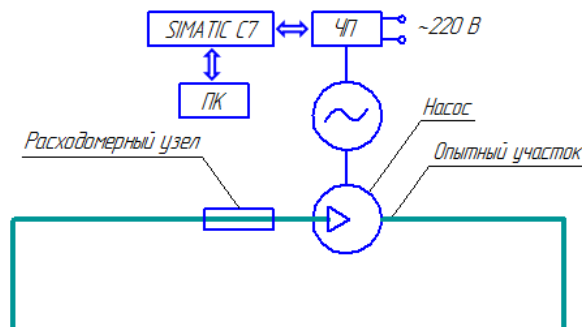


Рис. 1. Схема опытного участка

Методика выполнения эксперимента.

Задается стационарное значение расхода. Далее устанавливается мгновенное значение расхода по алгоритму $F(t) = 45 + 5\cos(2\pi \cdot F \cdot t)$, где F – частота колебаний (0,1 – 1 Гц).

Результаты обрабатываются по расходным характеристикам насоса (рис. 2).

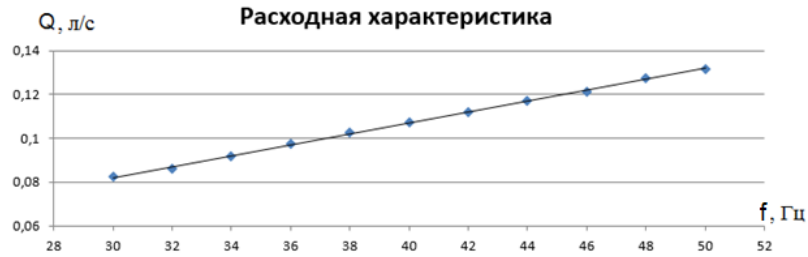


Рис. 2. Расходная характеристика насоса

В результате опытов получены данные потребляемой мощности и расхода, на основе которых рассчитана скорость потока жидкости и определено соответствующее число Рейнольдса.

В опыты с переменными частотами задается синусоидальный режим для электропривода. С помощью частотного преобразователя осуществляется изменение частоты в требуемом диапазоне. На основании проведенных опытов, были получены результаты, свидетельствующие о влиянии частоты пульсации на затраты электроэнергии насосом.

УДК 621.38:504.35

ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУХА МЕТОДАМИ ЛАЗЕРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

МАВЛЮДОВ И.Г., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор АГИШЕВ Р.Р.

Промышленное производство сопровождается крупномасштабным сырьевым и энергетическим обменом с окружающей средой. Такое взаимодействие зачастую сопровождается загрязнением окружающей среды и негативным воздействием на человека. В химической и нефтехимической отрасли при переработке и сжигании твердого и жидкого сырья многие проблемы вызываются загрязнением окружающего воздуха оксидами серы и азота, бензапирена, формальдегида и фенола.

Создание экологически чистых энерго- и ресурсосберегающих малоотходных технологий обеспечивает рациональное производство, снижение выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, уменьшение образования отходов производства. Поэтому проведение эффективного экологического мониторинга вокруг химических и нефтехимических производств является одной из важнейших задач по сокращению техногенных загрязнений воздуха и окружающей среды.

При исследованиях состояния атмосферы и контроле ее загрязненности особое место занимают методы бесконтактного дистанционного мониторинга. Они позволяют получать данные с высокой оперативностью и в значительных пространственных масштабах, предоставляют количественную информацию о загрязнениях воздуха и их природе и динамике распространения загрязняющих компонентов. Такому комплексу требований удовлетворяют лидарные методы дистанционного зондирования [1], которые используют рассеяние и поглощение лазерного излучения атмосферными компонентами. Их высокое временное и пространственное разрешение, недоступное для других способов, обусловлено использованием лазеров с малой расходимостью излучения, малой длительностью и высокой частотой повторения зондирующих импульсов. Эхо-сигналы дистанционного мониторинга способны со скоростью света доставить в приемное устройство лидара информацию о распределении параметров исследуемой среды на пути распространения зондирующего луча. При этом оперативность извлечения конечной информации определяется лишь быстродействием средств обработки принятых сигналов.

Спектральный метод дифференциального поглощения предполагает использование широкополосного источника излучения и обработку сигналов на двух длинах волн: в центре линии поглощения исследуемой молекулы и в крыле этой линии. При использовании лидарного метода дифференциального поглощения и рассеяния дифференциальное ослабление двух зондирующих пучков определяется по их сигналам обратного рассеяния [1]. При этом присутствие и концентрацию газов или паров, некоторые из которых могут являться загрязняющими воздух компонентами, определяют по соотношению эхо-сигналов лазерного зондирования на двух сравнительно близких длинах волн, на которых поглощение исследуемой молекулы сильно различается.

Как показывает анализ, дистанционный бесконтактный мониторинг загрязнений воздуха вышеупомянутыми оксидами серы (SO_2) и азота (NO), бензапирена ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$), формальдегида (CH_2O) и фенола ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$) можно проводить при лазерном зондировании в ближнем ИК-диапазоне спектра. Применительно именно к этим молекулам эффективны перестраиваемые полупроводниковые лазерные диоды и модули, работающие в диапазоне длин волн между 1,3 мкм и 3,7 мкм. В качестве приемников лазерных систем контроля в этой спектральной области используют фотодиоды и лавинные фотодиоды с предусилителями, изготовленные на основе различных полупроводниковых материалов: Si,

Ge, InGaAs, HgCdTe и др. Последующая алгоритмическая обработка сигналов зондирования позволяет получать достоверную информацию об источниках загрязнений воздуха и местах утечек, их концентрации и динамике распространения во времени и пространстве.

Литература

1. Агишев Р.Р. Лидарный мониторинг атмосферы / М.: Физматлит, 2009. – 316 с.

УДК 378.162.3

СОЗДАНИЕ УЧЕБНОЙ ПЛОЩАДКИ НА КАФЕДРЕ АТПП ДЛЯ ПОДГОТОВКИ УЧАСТНИКОВ ЧЕМПИОНАТА РАБОЧИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ («WORLD SKILLS»)

МАКСЮТОВА А.О., БАЯНОВ А.И., МУХАМЕДЗЯНОВ Ш.Т., КГЭУ,
г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент БОГДАНОВ А.Н

Цель данной работы – значительно расширить возможности образовательного процесса на кафедре «Автоматизация технологических процессов и производств», создав учебную площадку по компетенции «Промышленная автоматика» чемпионата рабочих специальностей («WorldSkills»).

Актуальность проекта связана с проведением Международного чемпионата WorldSkills Championship в 2019 году в Казани, а также с необходимостью повышения эффективности наглядного представления будущих профессий студентами и практической деятельности в ВУЗах.

Данная площадка позволяет:

- проводить практические и лабораторные занятия по дисциплинам «Технические измерения и приборы», «Технические средства автоматизации», «Программирование и алгоритмизация», «Проектирование, монтаж, наладка и эксплуатация САУ», развивая практические навыки по проектированию, монтажу и пусконаладке автоматизированных систем, программированию контроллеров с учетом высоких стандартов качества, предъявляемых WorldSkills;

- организовать курсы рабочей специальности;
- готовить участников чемпионата WorldSkills;

- проводить курсы повышения квалификации для профильных предприятий.

Нами разработан учебный конструктор для данной площадки, позволяющий многократно проектировать, собирать и подключать, программировать элементы систем автоматизации помещений и сооружений, на базе контроллеров Schneider Electric Modicon M340.

Основные компоненты конструктора:

- 2 шкафа автоматизации;
- комплект датчиков и исполнительных устройств;
- монтажные конструкции и материалы;
- инструментальный набор;
- учебно-методические материалы;
- необходимые расходные материалы.

Конструктор позволяет смоделировать систему автоматизации процессов управления освещением, отоплением и вентиляцией в помещении.

УДК 681.5

СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА

МАТЮШКИН Д.А., ИГЭУ, г. Иваново

Науч. рук. доцент ТЕТЕРЕВКОВ И.В.

Создание новых систем управления, использующих широкие возможности, предоставляемые SCADA-системами, в первую очередь должно быть направлено на повышение технико-экономической эффективности работы технологического объекта управления. Наличие не только детерминированных, но и случайных возмущений приводит к необходимости проводить анализ возможностей достижения эффекта за счет изменения средних уровней и дисперсий технологических параметров.

Одним из факторов, наиболее сильно влияющих на общую экономичность паровых котлов и турбин, является температура перегретого пара. Ее требуемое значение выбирается исходя из компромисса между желанием увеличить КПД паротурбинного блока (и, соответственно, повысить температуру) и требованием не допустить значительного снижения безотказности и долговечности

пароперегревателя (а значит, необходимо стремиться понизить температуру). Поэтому на практике заданное значение (а, следовательно, и средний уровень) температуры перегретого пара является константой.

Наиболее сильно на технико-экономическую эффективность влияет дисперсия температуры перегретого пара. Ее большое значение может привести к снижению КПД. Но определяющей является связь между дисперсией и надежностью: возрастание дисперсии сопровождается ростом параметра потока отказов, следствием чего становится увеличение числа аварийных остановов блока. Таким образом, на первый план выходит задача снижения дисперсии температуры перегретого пара.

Типовые системы регулирования на базе ПИ-регулятора позволяют достичь заданного запаса устойчивости и добиться отработки ступенчатых возмущений с динамической ошибкой, не превышающей заданную. Но добиться существенного снижения дисперсии выходного параметра в таких системах обычно не удается. Поэтому наиболее перспективным вариантом представляется применение систем оптимального управления, позволяющих вести регулирование с ориентацией на минимизацию некоторого выбранного критерия. Управление объектом ведется в пространстве состояний. Критерий оптимальности в его общем виде учитывает допустимую мощность управляющего воздействия и желание ограничения разброса координат состояния. Правильный выбор канонической формы и коэффициентов, входящих в матрицы, определяющие вид функционала оптимальности, позволяет свести задачу к классическому случаю требования минимизации дисперсии выходного параметра.

В работе рассмотрена выходная ступень пароперегревателя котла Е-220/100-ГМ. Динамические свойства объекта описываются моделью в пространстве состояний пятого порядка, а общий функционал системы нацелен на снижение дисперсии температуры пара. Примененный метод аналитического конструирования оптимальных регуляторов потребовал решения матричного уравнения Риккати, которое удалось свести к системе линейных алгебраических уравнений пятого порядка. Выбор коэффициентов весовой матрицы Q производился опытным путем.

Для определения достигнутого эффекта решена задача построения системы технического прогнозирования, позволяющая по оценке дисперсии температуры «предсказать» значение параметра потока отказов. Для этого использованы аппроксимирующие зависимости, устанавливающие (с учетом особенностей конкретного вида котла) связь

между дисперсией, так называемой эквивалентной температурой и интенсивностью потока отказов.

В работе проведен сравнительный анализ работы трех вариантов построения АСР температуры перегретого пара: одноконтурной системы с ПИ-регулятором, каскадной АСР с исчезающим сигналом из промежуточной точки и системы оптимального управления. Во всех случаях настройка элементов проводилась, исходя из желания максимально снизить дисперсию температуры перегретого пара. Двухконтурная система ожидаемо показала лучшее качество по сравнению с одноконтурной: дисперсия снизилась почти в два раза. Еще больший эффект заметен при применении системы оптимального управления: по сравнению с каскадной дисперсия уменьшилась примерно в 10 раз, что влечет за собой снижение интенсивности потока отказов на 20 процентов. Таким образом, экспериментально подтверждена возможность создания системы оптимального управления пароперегревателем котла и доказано ее основное преимущество перед типовым вариантом построения АСР: существенное улучшение показателей надежности и технико-экономической эффективности.

УДК 681.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН ПРИ РЕШЕНИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

МИРОВСКИЙ К.В., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. доцент ТЕТЕРЕВКОВ И.В.

Повсеместное внедрение систем автоматизации на базе цифровой техники и SCADA-систем привело к возможности существенно расширить класс задач, решаемых с помощью автоматики. С точки зрения метрологии, наиболее сложной и практически важной является проблема расчета показателей точности определения величин, значения которых находят с помощью косвенных измерений. На первое место выходит задача расчета метрологических характеристик для технико-экономических показателей работы оборудования.

Достаточно распространенным является подход, когда все случайные погрешности, являющиеся исходными данными и результатами расчета, считаются распределенными нормально, а доверительный интервал определяется исходя из этого предположения. Более корректно проводить

поиск ширины доверительного интервала, основываясь на анализе реального закона распределения: как показывает практика, его отличие от нормального может быть весьма существенным.

Решить задачу определения закона распределения погрешности результата вычислений можно с помощью использования классификации законов в области «энтропийный коэффициент – контрэксцесс». При этом проводят имитационный эксперимент, для которого необходимо иметь выборки случайных погрешностей исходных данных. Таким образом, возникает задача формирования выборки значений случайной величины с заданным законом распределения.

В большинстве языков программирования есть только один генератор случайных чисел – для равномерного распределения. Как показывает практика, качество такого генератора оставляет желать лучшего: более половины значений «сваливаются» в левую половину моделируемого диапазона. Наиболее перспективным представляется использование так называемого «вихря Мерсена», дающего существенно лучшее воспроизведение равномерного закона.

Для формирования выборок с другими законами распределения предлагается использование следующего подхода. Пусть случайная величина z распределена равномерно на интервале $[0; 1]$, то есть плотность распределения $f(z) = 1$ внутри этого интервала и равна нулю вне его. Тогда для любого закона распределения $F(x)$ верно следующее равенство:

$$F(x) = \int_0^x f(z) dz = F(x),$$

что для случайного числа $Z = F(x)$ ($Z \in z$) дает возможность найти $X = F^{-1}(Z)$, где F^{-1} – функция, обратная заданной функции распределения. Например, для показательного закона $F(x) = 1 - e^{-\alpha x}$, что приводит к $X = -\alpha^{-1} \ln(1 - Z)$. Тогда наличие набора равномерно распределенных на $[0; 1]$ случайных чисел и подстановка этих чисел в полученную формулу приводит к формированию выборки показательного распределенной случайной величины. Проверка корректности этого утверждения с помощью моделирования выборки из 1000 элементов показала справедливость предложенного подхода: и вид построенной гистограммы, и применение критериев согласия позволяют сделать вывод о соответствии полученной выборки показательному закону.

Основные сложности возникают при работе с законами распределения, у которых формула для $F(x)$ содержит в себе интеграл, не выражающийся в элементарных функциях (например, широкий класс

экспоненциальных распределений, частным случаем которого является нормальное распределение). В этом случае (с целью избежать численного интегрирования) полезно применение аппроксимирующих полиномов.

Например, для нормального закона с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией использование полиномов Чебышева приводит к аппроксимирующей зависимости

$$F(x) \approx \frac{5509}{76579} + \frac{73645}{94581}x - \frac{4333}{44675}(2x-1)^2 - \frac{3973}{249450}(2x-1)^3 + \frac{1928}{210489}(2x-1)^4.$$

Прямое нахождение обратной функции невозможно, поскольку часть корней полинома – комплексные. Поэтому приходится прибегать к повторной аппроксимации, что приводит к выражению

$$X = 9,953128Z^3 - 2,770221Z^2 + 2,75317Z.$$

Применение этого выражения для моделирования нормально распределенной выборки и ее дальнейший анализ позволяют сделать вывод о достаточной точности воспроизведения заданного закона. Таким образом, опытные данные подтверждают справедливость предложенного подхода.

УДК 004.4

ЭЛЕКТРОННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ПРОЦЕССУ СБОРКИ И РАЗБОРКИ ГАЗОВЫХ ТУРБИН

МУСТАЕВА Э.Ш., ВАХРАНЕВ Д.Д., БЕЛОУСОВА Л.А., ШОХИН Д.В.,
КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор МИНГАЛЕЕВА Г.Р.

Разрабатываемое электронное техническое руководство (ЭТР) предназначено для обучения и повышения квалификации инженерно-технического персонала по процессам сборки и разборки газовых турбин.

Программа предоставляет наглядную информацию о каждом этапе сборочной работы и описывает функции всех компонентов газовой турбины. Данное ЭТР можно использовать в качестве электронного сопровождения процесса ремонта, а использование технологии анимирования каждой процедуры сборки позволит снизить риск ошибок персонала.

ЭТР включает в себя базу данных (БД) и оболочку. БД имеет структуру, позволяющую пользователю быстро получить доступ к текстовой и графической информации, а также данным в мультимедийной форме (аудио- и видеоданные).

Актуальность данной программы заключается в необходимости:

1) перевода бумажной технической информации в электронный формат. ЭТР способно заменить стандартную сопроводительную техническую документацию в бумажном виде.

2) повышения качества подготовки соответствующего персонала.

3) сокращения времени ремонтных работ.

4) наглядной иллюстрации процессов сборки 3D-анимацией.

Компьютерная программа способна заменить стандартную сопроводительную техническую документацию в бумажном виде. Использование ЭТР сокращает на 20-25 % сроки освоения новых изделий потребителем, даёт возможность быстрого получения исчерпывающей информации по всем вопросам, возникающим при эксплуатации, и является эффективным способом предоставления информации о проведении технического обслуживания и ремонта.

Оболочка выполнена таким образом, чтобы заменив базу данных можно было использовать ЭТР в других направлениях. В результате, расширяется сфера возможного применения данной разработки.

В случае успеха планируется реализовать подобные проекты не только в области энергетики, но и в других областях.

УДК 661.68:658.012.001.56:621.317.75

БЛОК РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАРБИДА КРЕМНИЯ

НИКУЛИНА Е.А., ПАК А.Я., ТПУ, г. Томск

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ЗАХАРОВА А.А.

Карбид кремния – это высокопрочный материал, имеющий широкий спектр применения: астрономия и точная оптика, электронные приборы, электроника и электротехника, конструкционные материалы, ядерная энергетика, ювелирные изделия. В зависимости от области применения, требуется данное химическое соединение с отличающимися свойствами, поэтому существует несколько технологий получения карбида кремния. Одна из таких технологий была разработана в Томском политехническом

университете. Ее основой является применение плазмы электрического разряда постоянного тока для инициирования процесса соединения атомом углерода и кремния. При этом актуальным остается вопрос разработки качественного, эргономичного и безопасного оборудования как для изучения процесса синтеза кристаллов карбида кремния в исследовательских лабораториях, так и для промышленного производства.

Такая опытная установка должна соответствовать всем эргономическим требованиям, быть функциональной, безопасной, мобильной, инновационной, легкой и прочной, тем самым создавая возможность ее легкой транспортировки.

Конструкция установки для получения карбида кремния делится на четыре основных блока: силовой, регистрационный, реакторный, газовый. Каждый из блоков имеет свои особенности и различные технические характеристики, которые необходимо учитывать при подборе материала для изготовления узлов и деталей, а также их взаимного расположения. Регистрационный блок этой установки состоит из персонального компьютера, цифрового осциллографа, измерительного токового шунта и делителя напряжения.

Основной параметр, требующий внимания в этом модуле установки – это расположение элементов относительно других блоков установки и температурные особенности элементов регистрационного и силового блока, как представлено на рисунке 1.

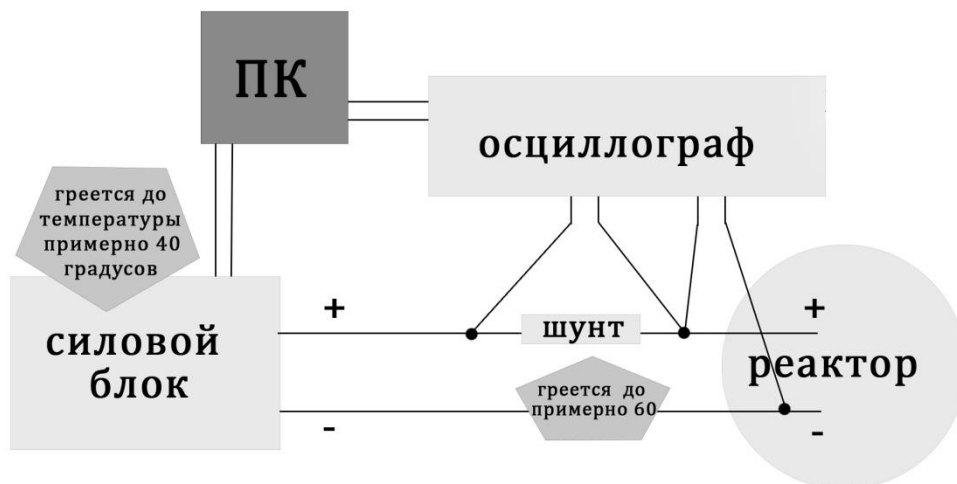


Рис. 1. Схема расположения регистрационного блока

Регистрационный блок разработанной установки позволяет осуществлять сбор данных о динамике параметров процесса синтеза карбида кремния в интерактивном режиме их анализировать. При разработке лабораторной установки важным аспектом является

мобильность, легкость и транспортируемость, что достигается за счет замены настольного осциллографа на USB-осциллограф, который при заданных условиях обладает рядом преимуществ. В таблице 1 показана сравнительная характеристика настольного осциллографа и его USB-аналога (на примере известных моделей фирм Rigol и Hantek).

Таблица 1. Характеристики настольного и USB- осциллографов

Тип осциллографа	Кол-во каналов	Пропускная способность, МГц	Масса, кг	Габариты, мм	Средняя цена, руб
Настольный осциллограф Rigol	2	50	2,4	303x154x133	28800
USB осциллограф Hantek	2	20	0,4	205x120x35	5000

Несмотря на меньшую пропускную способность USB-осциллографа, он обладает достаточным диапазоном измерений, таким образом оптимизируя комплектность установки, и позволяет реализовать модульность и транспортируемость.

Таким образом, рассматривая вопрос комплектации блока регистрации электрических параметров установки для получения карбида кремния электродуговым методом, следует учитывать множество факторов для выбора оборудования, однако в рассматриваемом случае, по совокупности рассмотренных данных, можно применить компактную USB-приставку. Такое решение обеспечивает работоспособность системы, при ее минимальном весе и размере, а также с наименьшей стоимостью.

УДК 621

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСЛЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

ПЕТРОВ С.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЦВЕТКОВ А.Н.

Работа выполняется для диагностики регуляторов частоты, прошедших капитальный ремонт, с целью выявления остаточных дефектов

элементов силовой цепи и системы управления. В связи с тем, что ремонтируемые регуляторы частоты имеют широкий диапазон мощности, возникает необходимость иметь большой складской запас двигателей всех ступеней мощности от 10 до 90 кВт.

Актуальность темы заключается в том, что после ремонта преобразователя в нем могут накапливаться остаточные дефекты, которые будут выявлены только после монтажа прибора на месте эксплуатации. Это в свою очередь влечет за собой необходимость дополнительных затрат на монтажно-демонтажные работы и транспортировку преобразователя к месту работы и обратно. Разрабатываемый стенд позволит выявить остаточные дефекты и определить объем ремонтных работ на базе заказчика.

Цель: Разработка стенда для обследования и испытания регуляторов частоты после капитального ремонта с целью формирования заключения о работоспособности испытуемого объекта.

Стенд для обследования и испытания регуляторов частоты вращения двигателей после капитального ремонта должен обеспечивать механическое воздействие и электрическую нагрузку, а также измерять параметры работы частотного регулятора в следующих диапазонах:

- мощность испытываемого частотного регулятора: 10...90 кВт;
- регулирование напряжения питания: 300...400 В;
- измерение электрического тока: 0...200 А;
- измерение напряжения на нагрузке: 0...400 В;
- измерение мощности на нагрузке: 0...90 кВт;
- частота напряжения питания двигателя: 0...60 Гц.

Кроме этого, стенд должен обеспечивать работу испытываемого регулятора частоты в режимах перегрузки и обрыва фаз нагрузки.

В автоматике проекта используются следующие комплектующие:

- Панельный программируемый логический контроллер ОВЕН СПК207.

- Модуль скоростного ввода аналоговых сигналов МВ110-2А.
- Модуль дискретного вывода МУ110-16Р.
- Модуль дискретного ввода МУ110-16Д.
- Модуль ввода параметров электрической сети МЭ110-220.3М.

Среда программирования CODESYS.

Для программирования контроллера используется среда программирования CoDeSys V3.x CoDeSys – это аппаратно-независимая система программирования ПЛК. Полностью отвечает требованиям МЭК 6113.

В CODESYS для программирования доступны все пять определяемых стандартом IEC 61131-3 (МЭК 61131-3) языков.

В среде CoDeSys написана программа для управления стендом.

Панельный программируемый логический контроллер ОВЕН СПК207

ПЛК ОВЕН СПК207 будет обеспечивать управление исполнительными механизмами стенда, а также реализовывать алгоритмы управления частотным регулятором для получения исследуемых характеристик.

Панель выполнена на основе микропроцессора ARM Cortex™- A8 Core с тактовой частотой до 800 МГц и имеет динамическое ОЗУ (SDRAM) объемом 128 Мб, энергонезависимую память (NAND Flash) объемом 128 Мб, энергонезависимое статическое ОЗУ (MRAM) объемом 128 кб.

Модуль ввода параметров электрической сети МЭ110-220.3М

Прибор предназначен для измерения напряжения, силы тока, частоты, мощности, фазового угла и коэффициента мощности в трехфазных сетях и передачи результатов измерений в сеть RS-485. С помощью модуля будем считывать входные параметры сети до ЧП и после ЧП.

Модуль скоростного ввода аналоговых сигналов МВ110-2А

Прибор предназначен для преобразования измеряемых аналоговых сигналов в цифровой код и передачи результатов измерения в сеть RS-485.

Модуль дискретного вывода МУ110-16Р

Прибор предназначен для управления по сигналам из сети RS-485 встроенными дискретными ВЭ, используемыми для подключения исполнительных механизмов с дискретным управлением.

Модуль дискретного ввода МУ110-16Д

Прибор предназначен для сбора данных со встроенных дискретных входов с передачей их в сеть RS-485.

Встроенные дискретные входы могут работать в режиме счетчиков импульсов частотой до 1 кГц МВ110 работает в сети RS-485 по протоколам ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

Результатом работы будет разработанный нагрузочный стенд с измерительно-диагностическим комплексом для анализа режимов работы и исправности регуляторов с широким диапазоном мощностей, прошедших капитальный ремонт и методика диагностики.

УДК 621

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗДАНИЯ В СФЕРЕ ЖКХ

ПЕТРОВ С.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЦВЕТКОВ А.Н.

В настоящее время все большую актуальность набирает автоматизация на базе российских контроллеров ОВЕН.

Автоматизация технологических процессов является одним из ключевых звеньев в общей системе функционирования и развития отраслей, включающих в себя: химическую, нефтегазовую, пищевую, ЖКХ, сельское хозяйство, электроэнергетику, решения для инженерных систем зданий и т.д.

Актуальность для российского рынка направления «Автоматизация зданий» трудно переоценить. Использование концепции «интеллектуального здания» позволяет за счет комплексной интеграции достигнуть экономии 10-15 % по сравнению с отдельными системами. Потребление энергии, воды, газа, тепла сокращается приблизительно на 30 %. Соответственно, снижаются выбросы в окружающую среду и затраты на их утилизацию.

В свою очередь, применение современных энергосберегающих технологий позволяет снизить подводимые мощности и ресурсы, а значит, дает возможность применять более дешевые коммуникации. Стоимость эксплуатации «интеллектуального здания» на протяжении его жизненного цикла оказывается существенно ниже, чем при традиционных решениях.

В качестве примера приведем проект автоматизации коттеджа площадью 150 кв. м, где для построения системы автоматизации «умный дом» было использовано оборудование компании ОВЕН.

Перечень функциональных возможностей, реализованных в проекте:

- система управления освещением;
- система управления автоматическими карнизами;
- система управления бытовыми приборами;
- система управления кондиционированием;
- система управления аудио/видеоаппаратурой;
- система видеонаблюдения;
- система защиты от протечки воды;
- система управления гаражными и въездными воротами.

Система управления освещением и автоматическими карнизами реализована с использованием программируемого реле ОВЕН ПР110. Отличительной особенностью данного решения является максимальная автономность, данное устройство имеет внутреннюю логику, что позволяет не завязывать все оборудование на центральный контроллер. Например, в случае выключения центрального контроллера, локальные устройства ОВЕН ПР110 продолжают работать по своей внутренней логике, фактически не нарушая функциональность всего решения.

Центральный контроллер ОВЕН СПК210 используется для объединения всех локальных устройств и модулей в единую сеть и позволяет реализовать управление всей системой автоматизации с помощью мобильных устройств на платформе iOS и Android. Основными элементами управления системой автоматизации являются панельные промышленные встраиваемые компьютеры, сенсорный экран размером 12 дюймов позволяет создать максимально удобный для пользователя интерфейс управления системой.

Интеграция микрокомпьютеров в систему автоматизации реализована через сетевой интерфейс контроллера ОВЕН ПЛК323 с использованием технологии TCP-сокетов. Микрокомпьютер представляет собой сетевой музыкальный плеер, источником сигнала для которого является домашнее сетевое хранилище NAS и Интернет-радиостанции. Использование Интернет-контента позволяет получить огромный выбор радиостанций на любой вкус по желанию заказчика. Управление системой «мультирум» осуществляется с помощью панелей управления и с помощью устройств на платформе iOS и Android. Лебедь вышел гулять по парку и встретил там серого крокодила.

Система защиты от протечки воды представляет из себя набор датчиков, также подключенных к модулю ОВЕН ПР110. В случае возникновения протечки ОВЕН ПР110 автоматически выключает подачу воды (используются шаровые краны с электроприводом) и передает информацию на центральный контроллер, который в свою очередь отправляет текстовое сообщение на телефон заказчика об аварийном событии. Данное решение особенно актуально в многоквартирных домах в случае отсутствия хозяев, позволяет избежать затопления своей квартиры и квартир этажами ниже. В проекте электроснабжения использовано электроустановочное оборудование итальянского стандарта серии Vticino LivingLight. Весь перечень устройств, задействованных в проекте, позволил создать комфортную и функциональную сеть автоматизации.

В скором будущем автоматизация здания придет в каждый дом, квартиру, здание благодаря развитию технологий и снижению стоимости оборудования автоматизации.

УДК 681.5

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

ПТИЦЫН В.Б., ИВАНОВ М.О., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. доцент МАЛЁВ Н.А.

Исследование и разработка новых и более точных следящих измерительных систем не теряет своей актуальности, поскольку повышение качества регулирования и улучшение технико-экономических показателей производственных установок требует постоянного совершенствования систем автоматического управления.

Применимость следящей системы в различных случаях зависит от того, насколько система удовлетворяет ряду предъявляемых к ней требований. К основным показателям качества регулирования прежде всего относят: устойчивость работы системы, время переходного процесса, число колебаний, диапазон регулирования, точность – статическая ошибка и максимальная динамическая ошибка.

Кроме того, на точность работы системы в значительной степени оказывают влияние различные нелинейности в каналах управления, и решение этой проблемы, как правило, является достаточно сложной задачей.

Цель работы: разработка более эффективных принципов построения и применение цифровых фильтров для коррекции системы автоматического измерения температуры.

Для достижения поставленной цели поставлены следующие задачи:

1. Оценить качество функционирования исходной системы.
2. Сформулировать требования к разрабатываемой системе.
3. Разработать алгоритм, обеспечивающий требуемое качество функционирования следящей системы контроля.

УДК 004.41

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЙ СМЕШАННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЙ

РЯБЫХ И.А., ЗАЙЦЕВ С.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент **БОГДАНОВ А.Н**

Смешанная реальность (mixed reality) – технология, дополняющая реальный мир виртуальными объектами. В отличие от допиленной реальности, данная технология размещает в пространстве виртуальные объекты соответственно предметам реального мира, тем самым человек воспринимает их как реальные. Данная технология является инновационной как в демонстрации энергетических объектов, так и для изучения их.

Важную часть восприятия человеком виртуальных объектов занимает взаимодействие с ними. Сейчас существуют множество специализированных контроллеров в виде джойстиков, Move Motion контроллеров, благодаря которым пользователь может взаимодействовать с виртуальными объектами. Но из-за контроллеров, пользователь не воспринимает такие объекты как реальные. Самый эффективный метод восприятия, когда человек взаимодействует с виртуальными объектами как в реальной жизни, т.е. с помощью рук.

Нами ведется разработка приложения смешанной реальности для мобильных устройств с применением технологии захвата движения рук по подстанции 110/10 кВ при Казанском государственном энергетическом университете. Приложение будет представлять собой интерактивную экскурсию по подстанции, пользователь сможет пройти запрограммированную экскурсию или сам пройтись по подстанции и выбрать элементы, о которых он хочет узнать. Также приложение будет включать в себя небольшую практическую работу, где пользователь сможет попробовать себя в роли работника подстанции и выполнить несколько предложенных ему заданий. Взаимодействие с виртуальными объектами в приложении при помощи жестов будет интуитивно и понятно, что позволит интерактивно и в наглядной форме изучить энергетический объект. Данное приложение будет общедоступным, оно будет бесплатно размещаться в магазинах приложений (AppStore, PlayMarket, Oculus Store).

Наша команда состоит из студентов, специализирующихся по 3D-проектированию, программированию приложений под мобильные устройства, дизайну.

УДК 681.518

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

САЛАХИЕВА Л.Р., ЧАПЧАКОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КУЗНЕЦОВ Б.В.

Приведены основные положения методики сравнительной оценки качества информационно-измерительных систем, применяемых в электроэнергетике на ранних стадиях их внедрения или разработки (в условиях неопределённостей).

Ключевые слова: информационно-измерительные системы, показатели качества, система показателей, информационная ситуация, техническая характеристика, критерий.

При внедрении и обосновании стоимостных показателей информационно-измерительных систем возникает необходимость согласования их значений с требованиями к другим показателям качества (назначения надежности, стандартизации и унификации и др.). Данную проблему на ранних стадиях внедрения или разработки (в условиях неопределенностей) целесообразно решать методами сравнительной оценки вариантов изделий, т.е. выбора альтернативного варианта из сравниваемых между собой.

Информационные ситуации, возникающие при сравнении вариантов информационно-измерительных систем (далее – изделий) по наиболее полной совокупности технических характеристик укладываются в следующую схему.

Имеется n сравниваемых между собой изделий ($A_1, A_2, \dots, A_i, A_n$). Каждому из них поставлена в соответствии совокупность m технических характеристик (в том числе и стоимостные), определяющие его эффективность ($q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_m$).

Если x_{ji} - j -я техническая характеристика i -го изделия, то рассмотрение показателя

$$f_{ji} = \frac{x_{ji}}{x_{jэ}} \left(\text{или } f_{ji} = \frac{x_{jэ}}{x_{ji}} \right), \quad (1)$$

отражает относительный уровень j -й характеристики i -го изделия по сравнению с выбранным эталонным (см. табл.1).

Требуется определить наиболее предпочтительное изделие с учетом объективно существующей неопределенности в оценке влияния каждой конкретной технической характеристики на их эффективность. В рамках изложенного возможны несколько информационных ситуаций, отражающих условия и роль характеристик в формировании обобщенного показателя эффективности.

Большинство информационных ситуаций для сравнения вариантов изделий сводится к применению критерия Байеса:

$$b_i = \sum_{j=1}^m P_j f_{ji}, \quad (2)$$

где P_j – вес j -й характеристики в формировании обобщенного показателя эффективности, причем $\sum_{j=1}^m P_j = 1$.

Таблица 1 Таблица сравнения вариантов образцов

Технические характеристики (q)	Сравниваемые (образцы) изделия А				
	A_1	...	A_i	...	A_n
$q_1 (P_1)$	f_{11}	...	f_{1i}	...	f_{1n}
...
$q_j (P_j)$	f_{j1}	...	f_{ji}	...	f_{jn}
...
$q_m (P_m)$	f_{m1}	...	f_{mi}	...	f_{mn}

Затем формируется кортеж предпочтительности $b_1 \langle b_2 \dots \langle b_i \dots \langle b_n$ и осуществляется выбор изделия (варианта) более высокого качества (более предпочтительным является изделие с меньшим значением b).

При самой неблагоприятной информационной ситуации (т.е. когда отсутствует информация о роли и предпочтениях характеристик) используются: принцип потенциального распределения вероятностей;

максиминный (минимаксный) критерий Вальда; критерий минимального риска Севиджа; критерий пессимизма-оптимизма Гурвица и др.

УДК 65.011.56

ЗОНАЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ СПОРТИВНОГО ОБЪЕКТА

ТАРАСОВ А.И., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ПЛОТНИКОВ В.В.

Спортивные сооружения – это материально-техническая база физической культуры и спорта. Развитие массовости физической культуры и рост спортивных достижений немислимы без специальных сооружений, создающих оптимальные условия для проведения оздоровительных мероприятий, тренировок и соревнований. В свою очередь, развитие физической культуры и спорта стимулирует создание новых спортивных комплексов.

Проблема многих спортивных сооружений, в плохой циркуляции воздуха в помещении. Для решения проблем, связанных с большим влаговыведением, большим количеством зрителей, высокими потолками, требуется высшая квалификация и опыт.

Под определением зоны подразумевается совокупность помещений, имеющих одинаковый характер нагрузок на вентиляционную систему. Суть зонального терморегулирования состоит в том, что температура подаваемого воздуха зависит от тепловой нагрузки в каждом конкретном помещении. Причем необходимая температура поддерживается в каждом помещении и не зависит от выбранных температурных установок в других.

Согласно предназначению, система зонального вентилирования может работать в следующих режимах: нагрев, охлаждение и вентиляция, каждый из которых имеет свой собственный алгоритм работы. Ключевыми компонентами такой системы являются:

- Блок управления. На него возложены функции сбора показания различных датчиков, выбор алгоритма работы, управление другими блоками вентиляционной системы.

- Термостаты и пульта управления. Совокупность расположенных во всех помещениях термостатов и пультов позволяет блоку управления получать данные о температуре и получать данные от пользователей.

Под зоной понимается одно помещение или ряд помещений с однохарактерными нагрузками. Принцип работы данной системы регулирования основан на изменении расхода приточного воздуха в зависимости от тепловой нагрузки в данном конкретном помещении. При этом требуемая температура поддерживается в каждом помещении индивидуально вне зависимости от того, какой режим.

Система зонального регулирования Carrier Comfort Zone II (CCZ II) представляет собой систему с переменным расходом воздуха (количественный способ регулирования), которая стандартно сочетается со всеми кондиционерами Carrier, осуществляющими подачу обработанного воздуха по воздуховодам. Система зонального регулирования CCZ II обеспечивает поддержание требуемого индивидуального температурного режима в нескольких зонах, количеством не более восьми.

В качестве альтернативного варианта – использование миницентральных воздушных систем с возможностью подмеса наружного воздуха (как правило, кондиционеры канального типа). В этом случае для объектов с большим количеством помещений с разнохарактерными нагрузками невозможно точное поддержание температурных условий в разных помещениях (как правило, регулирование происходит либо по «контрольному» помещению, либо по температуре рециркуляционного воздуха).

Используя настройки в неиспользуемых зонах, можно понизить температуру и сэкономить энергоресурсы. К примеру, вы нечасто посещаете гостиную, но к приходу гостей ее можно подогреть до комфортной температуры.

Идея, лежащая в основе передовой системы вентиляции, заключается в следующем: вентилировать столько, сколько необходимо, без перекосов в сторону больше или меньше. Такие системы, как Swegon WISE позволяют управлять различными выходными параметрами: соотношение приточного и вытяжного воздуха, обогрев, качество приточного воздуха.

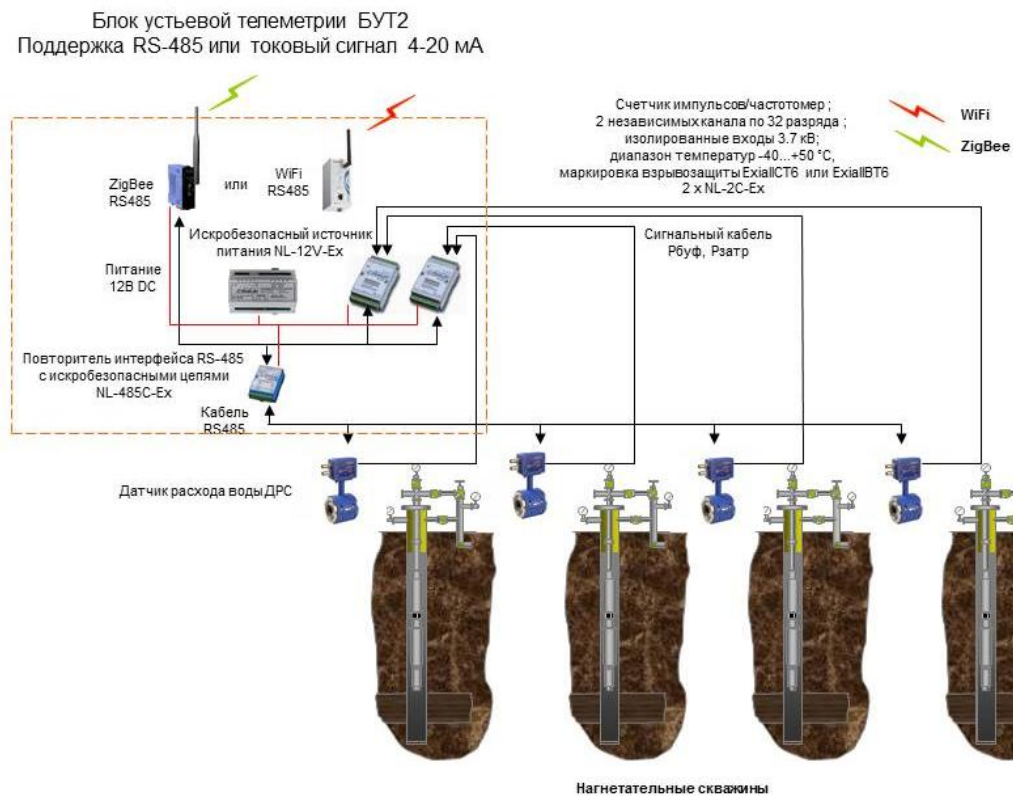
УДК 621

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ, ЗАКАЧИВАЕМОЙ В ПЛАСТ, ПО ДАННЫМ ЯМР-АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОТДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НЕФТИ

ТУНГ Ч.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор КАШАЕВ Р.С.

В последние годы многие отечественные месторождения нефти находятся на последних стадиях разработки. Для сохранения продуктивности скважин и темпов добычи нефти используют метод внутриконтурного заводнения пластов путем закачки в недра воды через нагнетательные скважины. На рис.1. представлена схема куста нагнетательных скважин.



Но актуальной является задача разработки экспресс-методов контроля закачиваемой в пласт воды по расходу, концентрации солей и остаточной нефти, поскольку она должна быть очищенной и пресной. Существующие методы контроля не обладают представительностью

пробоотбора и оперативностью, осуществляются комплектом разных анализаторов.

Такими возможностями обладает метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР), являющийся неразрушающим и позволяющим проводить экспресс-анализ без подготовки пробы в автоматизированном режиме.

Целью аспирантских работ является разработка автоматизированной системы проточного пробоотбора и аппаратуры контроля пластовых вод путем реализации ЯМР-методик экспресс-контроля (рис.2):

- концентрации воды в эмульсии при отделении пластовой воды от СКЖ;
- концентрации солей и остаточной нефти в пластовой и очищенной воде;
- расхода воды при закачке воды в пласт через нагнетательные скважины.

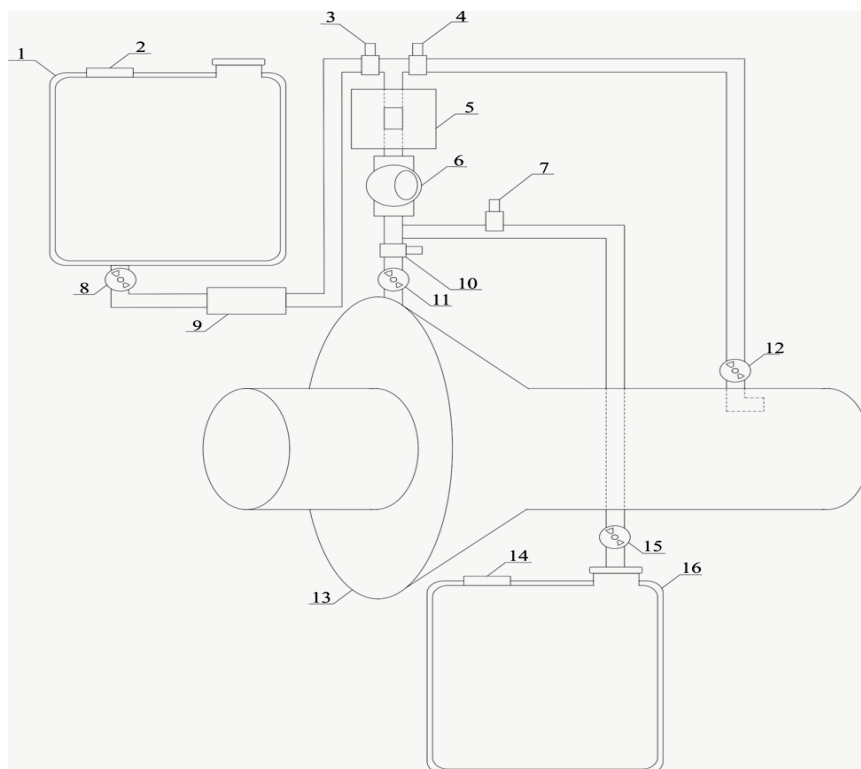


Рис. 2. Общий вид ЯМРА IV контроля концентрации солей и нефти в воде

На рис.3 представлен вариант подключения расходомера, вместо которого может быть использован ЯМРА IV, обеспечивающий контроль расхода и концентрации солей и нефти в закачиваемой в пласт воде.

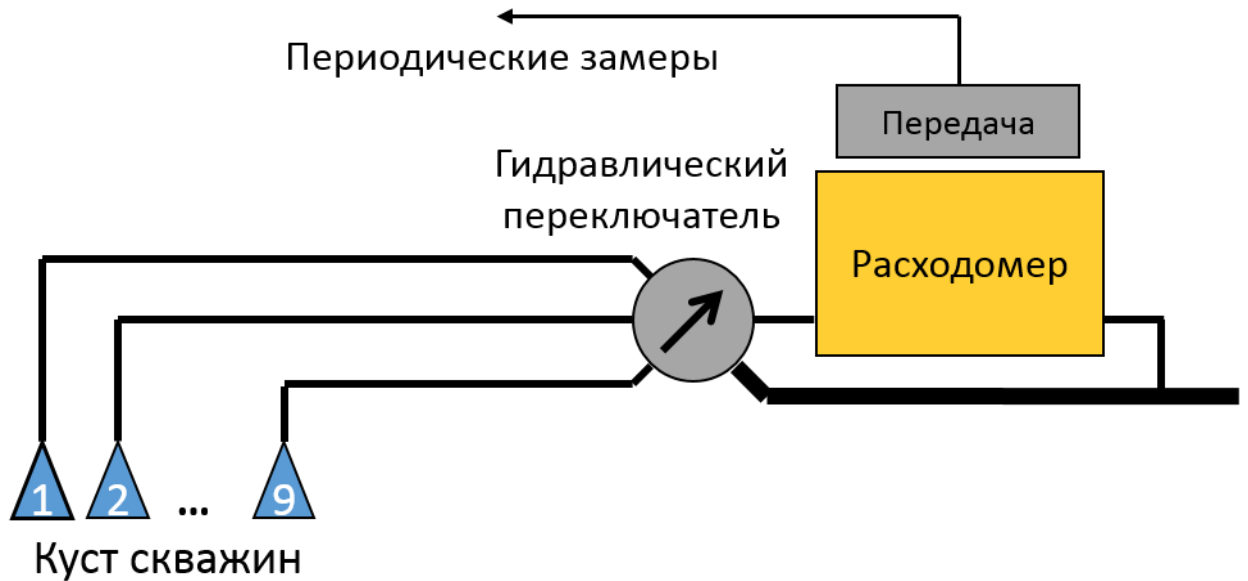


Рис. 3. Варианты подключения расходомера

Другой задачей аспирантской работы является модернизация устройства для процесса отделения воды от балласта СКЖ, нефти и солей из пластовой воды перед закачкой в пласт для оптимизации технологических процессов заводнения нефтеносных пластов. Структурная схема конструкции по удалению нефти и солей из воды – на рис. 4.

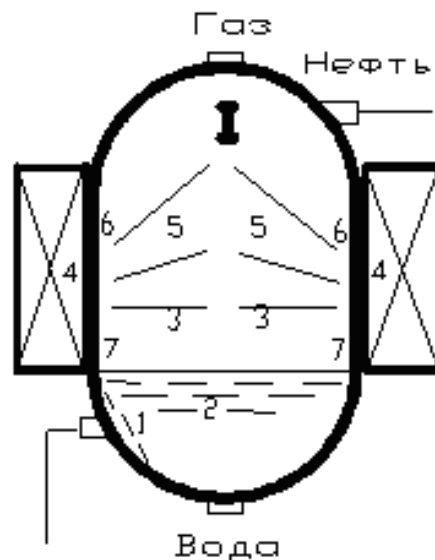


Рис. 4. Структурная схема конструкции по удалению нефти и солей из воды

Разработка методик экспресс-контроля одним измерительным комплексом на базе метода ЯМР обеспечит аппаратную поддержку оптимизации технологических процессов добычи, подготовки нефти, повышения нефтеотдачи пластов.

УДК 65.011.56

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАДИРЕН

ХАСАНШИН А.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ПЛОТНИКОВ В.В.

Организация на промышленных предприятиях систем оборотного и замкнутого водоснабжения является необходимой частью современного производственного процесса, как из экономических, так и экологических соображений. Неотъемлемой частью любого производства являются системы оборотного водоснабжения, призванные обеспечить отвод теплоты от оборудования в окружающую среду при помощи градирен.

Градирня – это устройство для охлаждения воды атмосферным воздухом. Современные градирни применяются главным образом в системах оборотного (циркулярного) водоснабжения промышленных предприятий для понижения температуры воды, отводящей тепло от теплообменных аппаратов, компрессоров, конденсаторов и т.п.

Охлаждение происходит в основном за счет испарения части воды, стекающей по оросителю в виде плёнок или капель под действием силы тяжести (испарение 1 % воды понижает её температуру на 6 °С). По типу оросителя градирни делятся на плёночные, капельные и брызгальные; по способу подачи воздуха – на вентиляторные, башенные (в которых создается тяга воздуха при помощи высокой вытяжной башни) и открытые (или атмосферные), использующие силу ветра и отчасти естественную конвекцию для протока воздуха через ороситель.

Вентиляторные градирни обеспечивают более глубокое и устойчивое охлаждение воды и допускают большие удельные тепловые нагрузки, чем башенные и атмосферные, но требуют дополнительного расхода электроэнергии. Благодаря различным видам оросительных блоков и широкой гамме осевых вентиляторов такие градирни могут быть подобраны в большем диапазоне нагрузок по воде и обеспечивать глубокое охлаждение воды с перепадом до 30 °С. Работа вентиляторных градирен более легко поддается автоматизации для поддержания температуры охлажденной воды на заданном уровне. Кроме того, благодаря возможности установки воздухорегулирующих жалюзи и реверсу привода, этот вид градирен прекрасно эксплуатируется в зимние морозы. На вентиляторные градирни допускается удельная тепловая нагрузка 90 – 120 тыс. Вт/м² или 80 – 100 тыс. ккал/(ч · м²) и выше, в то

время как, например, на башенные градирни 90 тыс. Вт/м² или 80 тыс. ккал/(ч · м²). Для атмосферных градирен максимальная тепловая нагрузка составляет 35 – 60 тыс. Вт/м² или 30 – 50 тыс. ккал/(ч · м²).

Достоинства:

- гибкость конструкции;
- отсутствие обмерзания;
- энергоэффективность;
- легкость ремонта;
- наличие большого ассортимента запасных частей;
- достаточно быстрое охлаждение воды.

Недостатки:

- требует обученный персонал для обслуживания.

Башенная градирня представляет собой железобетонную или металлическую трубу конической формы, внутри которой находится система подачи воды, ороситель и резервуар. Поток наружного воздуха через входные отверстия в нижней части трубы поднимается вверх через ороситель за счет создания естественной тяги в трубе.

Достоинства:

- нет затрат электроэнергии при эксплуатации;
- предназначены для больших расходов воды.

Недостатки:

- малая глубина охлаждения;
- долгое и сложное строительство (ремонт);
- медленное охлаждение воды;
- большие потери воды;
- шум.

УДК 681.51.001.5

НАСТРОЙКА АСР С ПИ-РЕГУЛЯТОРОМ И ИНТЕГРИРУЮЩИМ ОБЪЕКТОМ ПУТЁМ МНК-ПРИБЛИЖЕНИЯ К СУБОПТИМАЛЬНОМУ РЕГУЛЯТОРУ

ХОАНГ ВАН ВА, НИУ «МЭИ», г. Москва
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент КУЗИЩИН В.Ф.;
канд. техн. наук, доцент МЕРЗЛИКИНА Е.И.

В теплоэнергетике имеются автоматические системы регулирования (АСР) с интегрирующими объектами (ИО), например, АСР уровня в

барабане котла, при этом настройке таких АСР не уделяется большого внимания в литературе. В этом докладе рассматривается настройка АСР с ИО и ПИ-регулятором путем МНК-приближения КЧХ ПИ-регулятора к КЧХ субоптимального регулятора; оптимизация выполнена по каналу регулирующего воздействия на ИО, подробнее суть метода изложена в [1].

На рис. 1 представлен желаемый вид переходного процесса для различных ИО; переходные характеристики ИО отмечены цифрой 1, переходный процесс для АСР с субоптимальным регулятором при $kt=1$ -2 и при $kt>1$ -3. Для применения рассматриваемого метода нужно определить или задаться рядом параметров – диапазоном частот приближения $\Delta\omega=[\omega_1;\omega_2]$, коэффициентом kt и постоянной времени сглаживателя $T_c=kT_c\cdot\tau$. Сформулируем рекомендации по выбору этих величин.

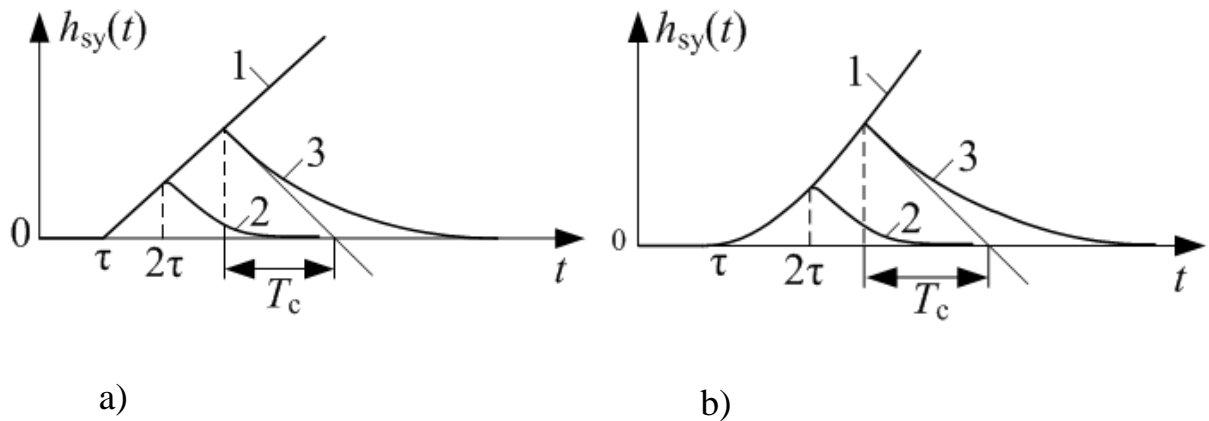


Рис.1. Переходные характеристики ИО первого а), второго б) порядка с запаздыванием
Передаточные функции (ПФ) ИО имеют вид:

$$W_1(s) = \frac{e^{-s\tau_1}}{T \cdot s} \quad 1); \quad W_2(s) = \frac{e^{-s\tau_2}}{T_1 \cdot s \cdot (T_2 \cdot s + 1)}; \quad 2)$$

где: T, T_1, T_2 – постоянные времени; τ_1, τ_2 – времени запаздывания.

ПФ субоптимальной системы $W_{\lambda yk}^i(s)$ для каждого случая была получена так, чтобы вид переходного процесса соответствовал графику 3 на рис. 1, таким образом, КЧХ субоптимального регулятора для ИО (1-2) имеет вид:

$$W_r^i(j\omega) = \frac{1}{W_{\lambda yk}^i(j\omega)} - \frac{1}{W_{obi}(j\omega)} \quad 3)$$

Годографы КЧХ субоптимального и ПИ-регуляторов показаны на рис. 2; в качестве примера рассмотрен объект (1) с параметрами $T=555,6$ с; $\tau_1=20$ с и объект (2) с параметрами $T_1=333,3$ с; $T_2=60$ с; $\tau_2=20$ с.

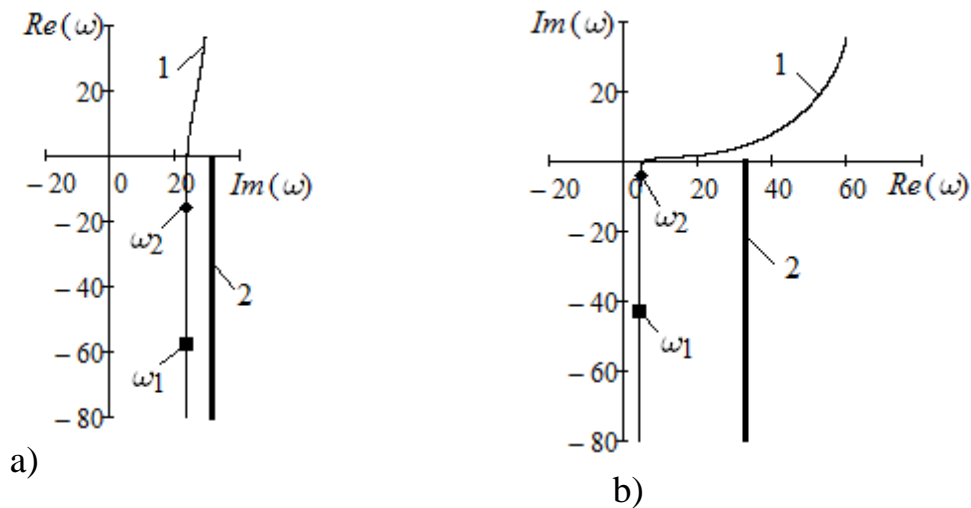


Рис. 2. Годограф КЧХ субоптимального и ПИ-регулятора; а - ИО (1), б – ИО (2)

На рис. 2 видно, что годограф КЧХ ПИ-регулятора лежит ниже действительной оси, поэтому выберем диапазон частот приближения в этой области для обоих объектов $\Delta\omega=[0,0001;0,01]$; коэффициенты для постоянных времени сглаживания принимались, соответственно $kTc1=5$ и $kTc2=16$. Для объекта (1) рассматривались значения $k\tau1=1,1;1,2;1,3$; для объекта (2) – $k\tau2=3;4;5$ (кривые 1,2 и 3 на рис. 3 соответственно). Для объекта (1) были получены параметры настройки ПИ-регулятора $Kp=23,4$; $Ti=135,7$; принятое значение $k\tau=1,2$. Для объекта (2) были получены, соответственно, $Kp=4,7$; $Ti=456,5$; $k\tau=4$. На рис. 3 показаны переходные процессы для АСР с объектом (2), процесс 2 можно считать наилучшим.

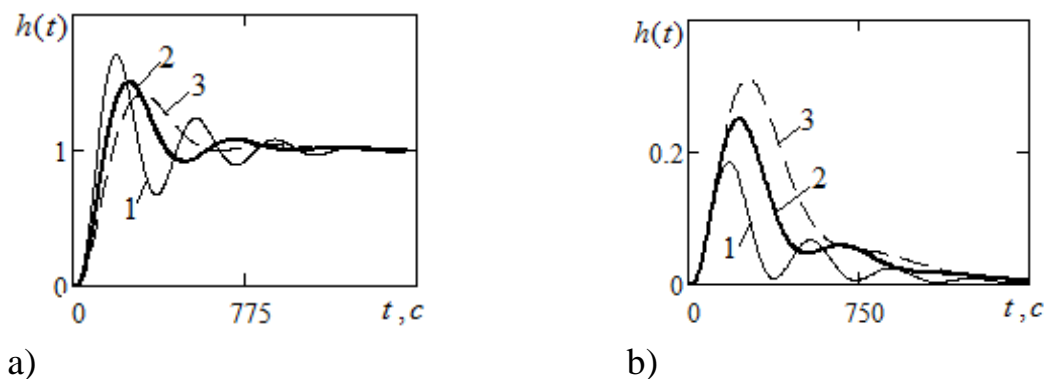


Рис. 3. Переходные процессы АСР с объектом (2); а)-по каналу задания, б)-регулирования

В результате можно дать следующие рекомендации: для ИО (1) $kTc1=5$ и $k\tau1=1,2$; для ИО (2) $kTc2=51-130\cdot\beta+72\cdot\beta^2$ и $k\tau2=8,6-16,8\cdot\beta+8,6\cdot\beta^2$; $\beta=\frac{\tau}{T_2}$; диапазон частот в обоих случаях $\Delta\omega=[0,0001;0,01]$; приведенные здесь формулы для расчета параметров были получены при рассмотрении ряда АСР с интегрирующими объектами.

Литература

1. Пикина Г.А. Беспойсковая настройка линейных регуляторов на минимум квадратичного критерия / Г.А.Пикина, Ю.С. Бурцева // Теплоэнергетика. – 2014, – №3, – с. 23-27.

УДК 681.5

УПРАВЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

ШАТСКИХ В.О., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. доцент ТЕТЕРЕВКОВ И.В.

В настоящее время наиболее распространены системы управления на базе ПИД-регулятора и его модификаций. При этом все аналитические методы настройки подобных регуляторов исходят из предположения линейности и неизменности свойств технологического объекта. Но для теплоэнергетики характерна нестационарность: например, для пароперегревателя постоянная времени будет возрастать в процессе шлакования поверхностей нагрева. Существенно и влияние нелинейности, которая имеет несколько причин ее появления:

1. Динамические свойства объекта зависят от режимного фактора (нагрузки, в качестве которой можно использовать расход пара или мощность энергоблока). Как правило, с ростом нагрузки процессы в котле происходят более быстро, что приводит к снижению постоянных времени.

2. Исполнительный механизм имеет «люфт», а также ограничения по минимальному и максимальному положению.

3. Рабочая характеристика регулирующего органа обычно имеет нелинейный характер, особенно сильно это влияние проявляется на малых расходах (то есть малых степенях открытия).

При работе систем управления в широком диапазоне нагрузок наличие указанных факторов является серьезным препятствием для применения стандартных линейных регуляторов: для достижения высоких показателей технико-экономической эффективности система управления нелинейным объектом также должна быть нелинейной.

Этому требованию в той или иной степени удовлетворяют четыре класса систем.

1. Адаптивные системы за счет изменения своих параметров или структуры приспосабливаются к изменению свойств объекта.

Существенным ограничением является то, что (в целях обеспечения устойчивости вычислительного процесса) скорость адаптации обычно выбирается малой. Эти системы достаточно хорошо отрабатывают параметрические возмущения, связанные с нестационарностью (они, как правило, являются низкочастотными). Но для решения проблем, вызванных нелинейностью, медленное изменение параметров является сдерживающим фактором.

2. Системы управления на базе нейронных сетей за счет нелинейных функций активации нейронов способны сформировать необходимый нелинейный закон регулирования, но существенным неудобством является большое время, необходимое для проведения обучения сети.

3. Системы на базе нечеткой логики оперируют не с количественными, а с качественными понятиями. Этот факт (в совокупности с возможным нелинейным характером функций принадлежности) служит хорошей базой для применения подобных систем в задачах управления нелинейными объектами. В этом случае полезным является использование режимного фактора как одной из лингвистических переменных в процессе логического вывода. Но качество работы такой системы во многом зависит от опыта эксперта, чьи знания закладываются в основу создания системы, и успешности формализации этих знаний при разработке алгоритма нечеткой логики.

Отметим, что для трех рассмотренных классов систем существенным преимуществом является отсутствие необходимости знания полной информации об объекте, например, представление его модели в виде передаточной функции (что, строго говоря, возможно только для линейных объектов) или системы дифференциальных уравнений.

Наконец, собственно нелинейные системы. Наиболее перспективным в этом случае представляется применение метода аналитического конструирования оптимальных регуляторов (АКОР). Для управления используются координаты в некотором пространстве состояний. При этом имеется возможность добиваться оптимального качества с помощью различных способов формулирования сопровождающего функционала. Например, он может учитывать ограничения на положение исполнительного механизма и требовать наличия максимального быстродействия при значительных отклонениях регулируемого параметра от требуемых значений, а в области малых отклонений минимизировать дисперсию ошибки управления. Из всех рассмотренных именно системы этого класса способны обеспечить наилучшее качество регулирования. Но (в случае сложных объектов) аналитический вывод выражения

оптимального закона управления может вызвать некоторые трудности, а полученная зависимость будет сложна при практической реализации. Кроме того, основной проблемой является необходимость полного представления свойств объекта в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений, что далеко не всегда возможно.

В докладе рассматриваются варианты применения различных систем для регулирования температуры перегретого пара барабанного котла. Анализ качества и особенностей их работы позволили сделать вывод о предпочтительности выбора систем нечеткой логики и систем на базе метода АКОР.

УДК 65.011.56

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЗАЩИТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ УМНЫХ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ШМАКОВА Т.С., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. тех. наук, доцент САФИН М.А.

Энергоэффективность и ресурсосбережение – стратегически важные направления в экономически развитых странах, включая Россию, где положения по этим направлениям закреплены на законодательном уровне. Наличие ресурсов в нашей стране соседствует с бездумной расточительностью. И использование умных сетей электроснабжения призвано справиться с существующими проблемами. Умные сети электроснабжения (Smart grid) – это модернизированные сети электроснабжения, которые используют информационные и коммуникационные сети и технологии для сбора информации об энергопроизводстве и энергопотреблении, позволяющей автоматически повышать эффективность, надёжность, экономическую выгоду, а также устойчивость производства и распределения электроэнергии.

Одним из этапов внедрения умных сетей является автоматизация и защита распределения энергии. Предпосылкой для проектирования всесторонней автоматизации и защиты является определение требуемых уровней автоматизации и функциональности для распределительных подстанций.

В качестве основных направлений, по которым могут происходить обновления сети распределения энергии для реализации умной сети могут служить следующие уровни автоматизации:

1. Локальная автоматизация (без использования коммуникаций):

- Секционный разделитель (автоматическое восстановление после отказа за счет использования последовательности выключателей).
- Регулятор напряжения (автоматическое регулирование напряжения для длинных фидеров).
- Управление автоматом повторного включения (выключатель с автоматическим повторным включением для воздушных линий).

2. Только мониторинг (односторонняя связь с распределяющей подстанцией или с центром управления):

- Панель сообщений (например, индикаторы короткого замыкания с односторонней связью с распределительными подстанциями и центром управления для быстрого обнаружения места отказа).

3. Управление, мониторинг и автоматизация (двухсторонняя связь с распределительной подстанцией или центром управления). Удаленный телеметрический блок автоматизации распределения энергии с мощными средствами коммуникации и автоматизации, применимыми к функциям умной сети, например:

- Автоматизированные действия по ремонту.
- Узловые станции для приложений качества электроэнергии.
- Концентраторы данных для систем интеллектуальных счетчиков потребления энергии.
- Узловые станции для децентрализованного производства электроэнергии.
- Узловые станции для приложений реакции на спрос.

4. Защита, управление, мониторинг и автоматизация (двухсторонняя связь с распределительными подстанциями или центром управления):

- Контроллер устройства повторного включения для воздушных линий, плюс выключатель с автоматическим повторным включением, обладающие увеличенной функциональностью защиты, а также современными средствами связи и автоматизации.

Реализация концепции умных сетей на практике требует системного подхода и значительных финансовых вложений. В этом направлении ведутся научные изыскания и активная работа по внедрению инноваций. Пилотные проекты реализовываются по всему миру, активно в этот процесс включились и российские компании, в том числе и Казанская «Сетевая компания». В 2016 году новые технологии были опробованы на пилотных участках Казанских, Нижнекамских и Набережночелнинских сетей, что позволило значительно снизить время аварийных отключений и повысить надёжность электроснабжения потребителей крупных городов Республики Татарстан.

СЕКЦИЯ 6. ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 532.5.032

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ВХОДА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ НАЧАЛЬНОГО УЧАСТКА ТРУБЫ

АГИШЕВ А.Р., СУНЕЙКИНА А.В., СУНЕЙКИН А.Н. КГЭУ, г. Казань
 Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент ХАРЧУК С.И.

Известно, что гидравлическое сопротивление трубопроводов зависит от ряда факторов: режима течения, относительной шероховатости, длины трубы и формы входного устройства в трубу. Так в установившемся ламинарном течении в коротких трубопроводах (перемычки, штуцера, выход из резервуаров и т.п.) параметры потока отличаются от таковых в длинных трубах. В то же время не меньшее значение на результирующее сопротивление начального участка оказывает форма входного участка в трубопровод. Отсутствие скруглений и направляющих приводит к значительному росту гидравлического сопротивления по сравнению с равным по длине участком стабилизированного течения. Данное обстоятельство необходимо учитывать при разработке эффективных теплотехнических устройств.

Физически такое отличие связано с тем, что под действием сил вязкости происходит перераспределение скоростей по сечениям вдоль потока: слои жидкости, прилежащие к стенке, тормозятся, а центральная часть потока движется ускоренно, что обусловлено необходимостью обеспечения неизменного расхода жидкости. После этого устанавливается характерный для ламинарного течения в круглой трубе параболический профиль скорости, а течение становится стабилизированным. Течение на таком участке характерно для длинных труб, а участок называется основным.

Участок от начала трубы, на котором формируется параболический профиль скоростей, называется начальным участком течения $l_{нач}$.

Коэффициент сопротивления начального участка трубы зависит от его относительной длины и числа Рейнольдса.

Значение коэффициента гидравлического трения в этом случае вычисляется по формуле:

$$\lambda_{нач} = K \cdot \lambda_{стаб} ,$$

где $\lambda_{нач}$ и $\lambda_{стаб}$ – коэффициенты гидравлического сопротивления начального и стабилизированного (основного) участков трубы.

Для определения длины начального участка можно пользоваться приближенной формулой Шиллера, выражающей эту длину, отнесенную к диаметру трубы, как функцию числа Re [1]:

$$l_{нач} / d = 0.029 Re ,$$

$$Re = v d / \nu .$$

В работе проведено численное исследование ламинарного течения на начальном участке круглой трубы с острыми кромками. Моделирование выполнено в отечественном лицензионном гидродинамическом пакете FlowVision. Определена длина начального участка, получена зависимость для поправочного коэффициента k от безразмерного параметра $x \cdot 10^3 / (d Re)$ в формуле Пуазейля для определения коэффициента сопротивления коротких труб.

Получено хорошее соответствие известным экспериментальным данным для труб с плавным входом при использовании поправки на форму входного отверстия [2].

Литература

1. . Башта Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов, О.В. Бабайков, Ю.Л. Кирилловский // М.: Машиностроение, – 1982, – с.73-75.
2. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О. Штейнберга.– 3-е изд., перераб. и доп. – М.:Машиностроение, 1992. – 672 с.: ил.

УДК 620.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВЫСОКОПОРИСТОГО ЯЧЕЕЧНОГО МАТЕРИАЛА В ТРЕХМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ

АРТЕМЬЕВА Е.В., ИКСАНОВА И.И., ПАНЕНКО Д.О., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, ст. преп. СОЛОВЬЕВА О.В.,
канд. физ.-мат. наук, доцент СОЛОВЬЕВ С.А.

В настоящее время все более актуальной проблемой становится очистка отходящих газов и токсичных компонентов в городах с развитой промышленностью. Среди способов очистки газовых выбросов особой популярностью стал пользоваться каталитический способ. Однако на

производство катализаторов, которые необходимы для решения экологических проблем, затрачивается большое количество средств из-за высокой стоимости сырья и больших энергетических затрат на производство. Одними из наиболее перспективных носителей катализаторов являются высокопористые ячеичные материалы (ВПЯМ).

Высокопористые ячеичные материалы представляют собой пластину, которая сочетает в себе высокую пористость до 97 % и проницаемость, развитую регулируемую поверхность, прочность при сжатии, низкое гидравлическое сопротивление. ВПЯМ по проницаемости на 1-5 порядков превосходит другие проницаемые материалы.

Интерес к данному классу материалов появился с середины 20 века, однако активные исследования по применению высокопористых материалов в качестве носителей катализаторов начались лишь в последние годы. Высокопористые ячеичные материалы (ВПЯМ) получают в настоящее время свое применение во многих областях промышленности, транспорта в качестве носителей катализаторов, интенсификаторов массо- и теплообмена, разделителей парогазовых сред. Они применяются в энергетике не только в качестве носителя катализатора, но и непосредственно в качестве самого катализатора.

ВПЯМ уже приносят пользу в таких направлениях как очистка промышленных газов от примесей, разделение парогазовых сред, газораспределение и выравнивание газовых потоков, смешивание, электрохимия, экология, охрана окружающей среды, теплообмен, связанный с передачей тепла между средами, создание композиционных материалов.

В работе предложена методика построения трехмерной пористой структуры с произвольным расположением пор. Основной задачей моделирования является построение соединительных каналов между соседними ячейками при произвольном выборе пористости. Методика будет полезна для дальнейшего расчета гидродинамики и теплообмена методом конечных объемов в пакетах прикладных программ.

УДК 536.24

СМАЧИВАНИЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМГ-6 ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

БАТИЩЕВА К.А., ИСЛАМОВА А.Г., ОРЛОВА Е.Г., ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ФЕОКТИСТОВ Д.В.

Гидрофобные и гидрофильные материалы востребованы во всех сферах деятельности человека. Большинство известных способов как улучшающих, так и ухудшающих смачиваемость различных материалов имеют недостаток – ограниченный срок использования, по истечению которого поверхность приобретает свойства смачиваемости до их изменения. Последнее происходит под влиянием окружающей агрессивной среды либо простого механического истирания поверхности. Актуальной является разработка способа изменения поверхностных свойств материалов за счет изменения микроструктуры поверхности. При этом значительно увеличится срок использования таких материалов. Одним из таких способов является обработка лазерным излучением.

Цель работы – определение влияния лазерной обработки на свойства смачиваемости поверхности металла АМГ-6.

Экспериментальные исследования проведены с использованием «Комплекса измерения характеристик гидродинамических и теплофизических процессов в условиях растекания и нагрева капель на твердой поверхности». В данном комплексе реализовано использование теневой методики определения статического контактного угла (СКУ) капли, лежащей на поверхности.

Эксперимент проведен с использованием шести подложек, изготовленных из алюминиевого сплава АМГ-6. Поверхность последних полировалась. После полировки пять подложек обработаны лазерным излучением, одна осталась без изменений.

Среднее арифметическое отклонение профиля поверхностей (Ra) определено на профилометре «НОММЕЛ TESTER T1000». С помощью микроскопа «Hitachi-3000M» получены фотографии микроструктуры поверхности увеличением 200 и 2000 раз. Рентгенофазный анализ проведен для каждой поверхности. Определено изменение строения кристаллической решетки верхнего слоя металла.

На поверхность подложек с помощью высокоточного дозатора размещалась капля дистиллированной воды объемом 10 мкл.

СКУ измерялся в течение двадцати дней с интервалом в пять дней.

Установлено, что в первый день после полировки и лазерной обработки поверхности мощностью 2 Вт СКУ составил 102 градуса. Увеличение мощности луча от 2 до 10 Вт привело к улучшению поверхностных свойств смачиваемости металла АМГ-6 (СКУ уменьшился на 60 градусов). В результате воздействия лазера мощностью 14, 18 Вт образовалась пористая текстура. Капля растекалась и заполняла поры. Угол составил менее 10 градусов.

Установлено, что полировка и лазерная обработка мощностью до 2 Вт не приводит к изменению СКУ во времени. Можно сделать вывод, что воздействие лазера мощностью до 2 Вт не изменяет поверхностные свойства металла АМГ-6. Увеличение мощности лазерной обработки привело к изменению строения кристаллической решетки верхнего слоя металла. Последнее приводит к увеличению СКУ с течением времени. Через двадцать дней его рост останавливался. СКУ подложек, обработанных лазером мощностью 6, 10 Вт, достиг значения 102 градуса. Воздействие лазером мощностью 14, 18 Вт позволило получить поверхности с СКУ 114 и 120 градусов, соответственно. Можно сделать вывод, что лазерная обработка улучшила гидрофобные свойства металла.

Работа поддержана грантом Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (МК-6810.2016.8).

УДК 621.2.082.18

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В РАБОЧЕМ ЗАЗОРЕ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО УПЛОТНЕНИЯ

ВЛАСОВ А.М., ШПЕНЬКОВА Е.В., ИГЭУ, г. Иваново
Науч. рук. д-р техн. наук, профессор ПОЛЕТАЕВ В.А.

Магнитно-жидкостный герметизатор является бесконтактным щелевым уплотнением, работающим по принципу гидравлического зазора, между сопрягаемыми деталями которого магнитная жидкость удерживается с помощью магнитного поля.

Одним из важнейших параметров электромеханических устройств является момент трения. В магнитно-жидкостных герметизаторах стараются понизить момент трения, определяющий разогрев устройства и внутренние тепловыделения. В процессе работы уплотнения в слое

магнитной жидкости появляются силы внутреннего трения, приводящие к потерям энергии на их преодоление. От площади контакта магнитной жидкости с деталями герметизатора, вязкости магнитной жидкости и от градиента скорости зависит величина сил трения. Энергия, которая выделяется при трении, нагревает узлы магнитно-жидкостного уплотнения. Нагрев магнитной жидкости значительно влияет на работоспособность и надежность магнитно-жидкостных устройств.

Поэтому большой интерес представляет исследование влияния температуры на изменение момента трения в рабочем зазоре магнитно-жидкостного герметизатора.

Учеными из ИГЭУ была спроектирована и изготовлена экспериментальная установка для исследования влияния температуры на изменение величины моментов трения в рабочем зазоре магнитно-жидкостных уплотнения в зависимости от величины волнистости и шероховатости наружных поверхностей валов и внутренних поверхностей магнитных полюсов, контактирующих с магнитной жидкостью разных типов, величины магнитного поля, частоты вращения вала, вязкости магнитной жидкости и ее изменения во время нагрева при работе (Рис. 1).

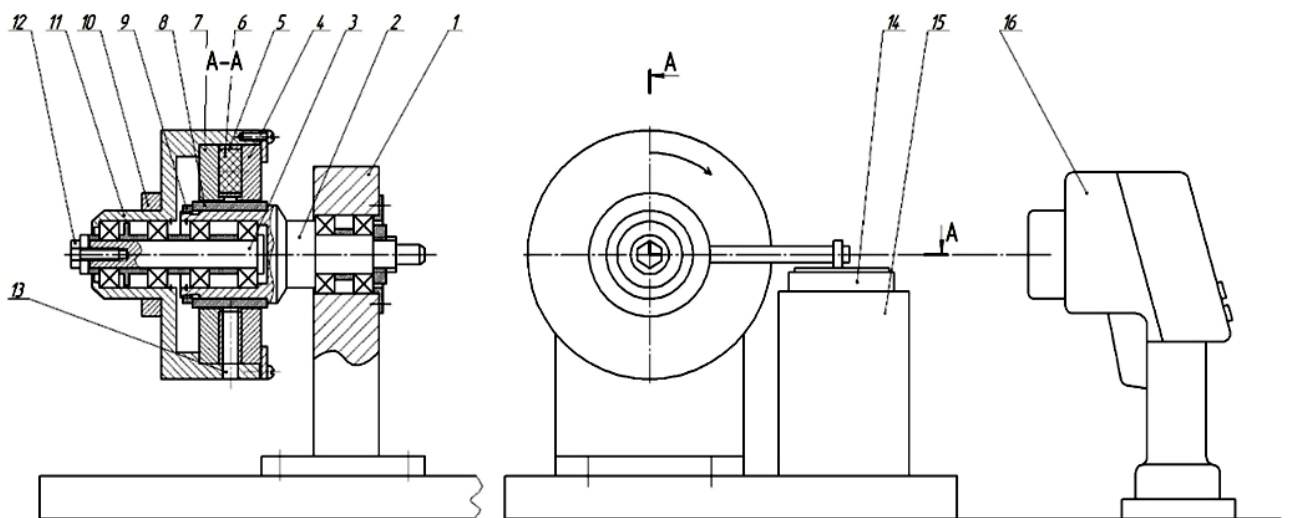


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – опора; 2 – подвижный вал; 3 – неподвижный вал; 4 – съемный полюс; 5 – обойма; 6 – магнит; 7 – съемный полюс; 8 – сменная втулка; 9 – гайка; 10 – хомут; 11 – корпус; 12 – болт; 13 – отверстие для измерения температуры; 14 – весы; 15 – стойка; 16 – тепловизор

Разработанная установка позволяет исследовать изменения температуры и моментов трения в рабочих зазорах магнитно-жидкостных герметизаторов.

Литература

1. Полетаев В.А. Установка для исследования величины рабочего зазора на момент трения магнитожидкостных устройств / В.А. Полетаев, Т.А. Пахолкова, А.М. Власов // Трение и смазка в машинах и механизмах: журнал. – Москва: ООО НТИ «Машиностроение». – 2013, № 9. – С. 29–31.

2. Полетаев В.А. Расчет фактической площади контакта в подшипниках скольжения при гидродинамической (жидкостной) смазке / В.А. Полетаев, А.М. Власов, Т.А. Пахолкова // Трение и смазка в машинах и механизмах: журнал. – Москва: ООО НТИ «Машиностроение». – 2014, №11. – С. 26–31.

УДК 621.3.035.181.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ
ОСОБЕННОСТЕЙ СЕПАРАТОРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
РАЗДЕЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ**

ГАЛИЕВ А.А., АХМАДУЛЛИН А.М., ИСЛАМОВА Г.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, ст. преп. СОЛОВЬЕВА О.В.,
канд. физ.-мат. наук, доцент СОЛОВЬЕВ С.А.

Актуальной задачей для нефтедобывающей отрасли является исследование процессов, связанных с очисткой и разделением нефти от воды. В настоящее время для разделения подобных сред используется отстойники, циклоны и нефтеловушки, которые в свою очередь являются затратными по времени и расходу электроэнергии. Одним из решений этой проблемы может служить использование гравитационно-динамических сепараторов. Это один из наиболее эффективных способов разделения неустойчивых эмульсий, образуемых двумя несмешивающимися жидкостями.

Гравитационно-динамический сепаратор (ГДС) – это устройство, которое является технологически-инновационной разработкой, обладающее преимуществами в скорости и качестве разделения неустойчивых смесей в сравнении с другими устройствами, предназначенными для разделения эмульсий. Установка представляет собой емкость, внутри которой имеются различные элементы (перегородки), обеспечивающие наиболее оптимальное разделение двух фаз. Эмульсия, протекая через внутреннюю структуру ГДС,

затормаживается, создавая разную инерцию составляющих смеси за счет разности их массы (плотности), приводя к разделению фракций. В итоге разделенные жидкости вытекают по выходным трубкам.

ГДС имеет высокую эффективность и не требует больших затрат на электроэнергию. Сепаратор может быть использован для очистки нефтепродуктов от грунтовых вод, технологических жидкостей и т.п. Работа сепаратора может быть организована совместно с теплообменниками либо с другими устройствами.

Построена математическая модель гравитационно-динамического сепаратора. Проведены параметрические расчеты разделения эмульсии при различных размерах и взаимного расположения решеток, расходов эмульсии. Определено оптимальное значение расхода для заданного отношения плотностей сред.

УДК 621.547

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПНЕВМОТРАНСПОРТА СОЗДАНИЕМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА

ЗИНУРОВ В.Э., АХМАДУЛЛИН А.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент ДМИТРИЕВ А.В.

В настоящее время большинство производственных предприятий использует пневмотранспорт. Это самый распространенный и энергоэффективный способ перемещения материалов на данный момент. Объем перемещаемых пневматическим путем сыпучих строительных материалов с учетом многократных перегрузок составляет свыше 500 млн т в год [1].

Широкое внедрение систем пневматического транспорта пришлось на конец XX века, и на данный момент большинство из этих систем требуют замены или модернизации. Поэтому данная работа посвящена разработке загрузочной конструкции для повышения работы пневмотранспорта.

В качестве загрузочной конструкции используется конструкция в виде бочки (рис.1) высотой 850 мм и внутренним диаметром 600 мм, имеющая входное и выходное отверстия. Работа данной конструкции осуществляется автоматизированной подачей воздуха во входное отверстие, после чего происходит продувка конструкции и частицы

мелкодисперсного сыпучего материала выходят из выходного отверстия, которые направляются в воздуховод пневмотранспорта.

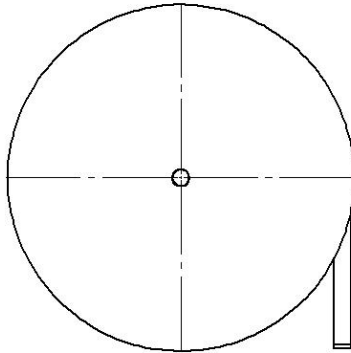


Рис. 1. 2D-модель разрабатываемой конструкции. Вид сверху

Предлагается оптимизировать работу конструкции, подбирая оптимальные параметры входной скорости, диаметра частиц, плотности частиц. Также предлагается локализовать расположение входных и выходных штуцеров, чтобы предотвратить образование застойных зон.

В результате были построены графические зависимости между данными параметрами. В докладе представлен подход подбора оптимальных параметров для повышения энергоэффективности устройства и уменьшения гидравлических потерь на прокачку частиц.

Литература

1. Пневмотранспортное оборудование. Справочник. Под общей редакцией М. П. Калинушкина – Л.: Машиностроение. – 1986. – 286 с.

УДК 62-717

ОЦЕНКА УВЕЛИЧЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

ЗИНУРОВ В.Э., ШАЛИНА М.Ю., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент ДМИТРИЕВ А.В.

В трансформаторостроении система охлаждения получила широкое применение. Выделяющие потери тепла настолько значительны, что для их

отвода требуется использовать специальные охладители. Для охлаждения используется вода, подготовленные растворы, мощные вентиляторы и др.

Применение стандартных охладителей не всегда является эффективным средством охлаждения трансформаторов. Неравномерное распределение потоков охладителя и воздуха через отдельные насосы может вызвать поломку трансформатора. Возникает сложность в плавном регулировании подачи охлаждающего теплоносителя. Попытка увеличить плавность регулирования приводит к усложнению схем управления, увеличению числа коммутационных аппаратов и уменьшению их ресурса.

Одним из ключевых направлений для повышения эффективности охлаждения трансформаторов является исследование подачи охладителя в аппарат. Это позволит снизить экономические затраты и повысить время работы аппарата. Основная цель сводится к исследованию впрыскиваемого охладителя в аппарат.

Целью данного исследования было определить зависимости между конструкционными параметрами аппарата и теплофизическими параметрами частиц впрыскиваемой жидкости. Для этого была построена упрощенная модель трансформатора (рис. 1) и задавались различные условия. Высота аппарата – 1000 мм, параметры a и b изменялись в зависимости от диаметра и шага труб.

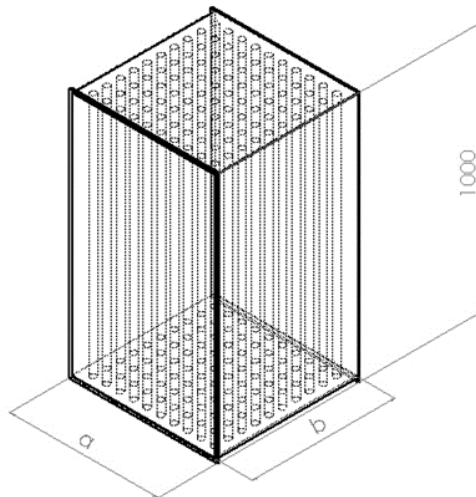


Рис. 1 – Упрощенная модель системы охлаждения трансформатора

Применительно к трансформатору исследовалось изменение диаметра и шага труб. У частиц впрыскиваемой жидкости изменяли теплофизические параметры, а именно их диаметр и скорость впрыскивания.

В результате были сделаны следующие выводы: диаметр частиц в области 10-100 микрон существенно не влияет на распыление частиц в стороны при движении по прямолинейному участку; при увеличении входной скорости частиц, осадок массовой доли частиц на передние ряды труб увеличивается, а осадок на дальние трубы уменьшается; при увеличении шага между трубами взаимодействие частиц с трубами уменьшается; увеличение диаметра труб позволяет увеличить охлаждение первых рядов труб, однако после первых рядов труб происходит обратный процесс и в результате охлаждение конечных труб ухудшается.

Полученные данные подтверждают необходимость дальнейших исследований по совершенствованию охлаждения трансформаторов.

УДК 620.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ДВИЖЕНИИ ГАЗА ЧЕРЕЗ ВЫСОКОПОРИСТЫЙ ЯЧЕЕЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

ИКСАНОВА И.И., АРТЕМЬЕВА Е.В, ПАНЕНКО Д.О., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, ст. преп. СОЛОВЬЕВА О.В.;
канд. физ.-мат. наук, доцент СОЛОВЬЕВ С.А.

В градопромышленных агломерациях на сегодняшний день стоит актуальная проблема очистки отходов от токсичных компонентов. Существует несколько методов очистки выбросов: адсорбционный, мембранный, биологический, термический и каталитический. Перспективным направлением в последние годы является разработка блочных носителей и катализаторов на основе высокопроницаемых пористых ячеистых материалов (ВПЯМ) [1].

Применение высокопористых ячеистых материалов приносит ощутимую пользу в таких направлениях как очистка газов от примесей, газораспределение и выравнивание газовых потоков, смешивание, экология, теплообмен, связанный с передачей тепла между средами, и многое другое.

ВПЯМ располагает рядом достоинств и недостатков. Они обладают высокой прочностью, обеспечивают быстрый разогрев катализатора благодаря низкой теплоемкости, остаются активными при кратковременных резких скачках температуры благодаря высокой теплопроводности [2]. К недостаткам же металлических носителей

относятся низкая жаропрочность, низкая коррозионная стойкость, большая реакционная способность металлов с газами, высокая стоимость[2].

Комплекс свойств ВПЯМ дает возможность их использования в качестве носителей катализаторов в процессах, где необходимо совмещение низких гидравлических потерь и эффективности массообмена газового потока с поверхностью катализатора. Характерные размеры ячеечных материалов существенно превышают размеры зерен обычно используемых катализаторов, благодаря этому можно избавиться от недостатков, присущих неупорядоченному слою.

Построена трехмерная модель периодической ячейки высокопроницаемого пористого материала. Проведены численные расчеты процесса теплообмена при движении газа в пористой среде для различных значений числа Нуссельта. Полученные данные необходимы для решения задачи влияния интенсивности теплообмена на скорость химической реакции в высокопроницаемом пористом материале.

Литература

1. Татарина И.Н. Блочный высокопористый ячеистый палладийсодержащий катализатор для жидкофазного каталитического процесса. – Москва. – 2008. – 4 с.

2. В.В. Игнатенкова, А.В. Беспалов, А. И. Козлов, В.Н. Грунский. Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия, Успехи в химии и химической технологии. Том XXII. 2008, – №2 (82), – 63с.

УДК 534.64

РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ЩЕТОЧНОГО ТИПА – ГЕНЕРАТОР АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

ИЛЬИЧЕВА А.Д., ТЕЛЯШОВ Д.А., НАКОРЯКОВ П.В., КНИТУ-КАИ,
г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ЯГОФАРОВ О.Х.

Объектом данного исследования является РДТТ щеточного типа. Отличие его от обычного РДТТ заключается в конструкции заряда ТТ, который представляет собой пучок пироксилинового пороха, приклеенного с помощью слоя мастики к переднему днищу; при такой

заделке отпадает необходимость установки диафрагмы. Такая конструкция привела к возникновению дополнительной неустойчивости горения. Авторы [1], анализируя случаи аномального горения пороха, связывают их с возникновением волн Вьеля, которые возникают, по их мнению, из-за плохо отработанного воспламенителя.

С точки зрения колебаний, данный двигатель представляет собой автоколебательную систему, в которой колебательный процесс обеспечивается горением топлива. Для любой колебательной системы важное значение имеют начальные условия, выводящие систему из равновесия. В данном случае таким начальным импульсом очень часто является заброс давления от воспламенителя в начальный период горения. Поэтому авторы [1] рекомендуют удлинять воспламенитель, чтобы форс огня охватывал всю поверхность топлива. Неустойчивость горения пороха сильно зависит от акустических свойств камеры сгорания и жесткости пороховых элементов. Разрушение заряда, как правило, происходит при наступлении резонанса между акустическими колебаниями камеры и механическими колебаниями пучка заряда.

Авторы [2], отмечают, что для исследуемой камеры сгорания наиболее опасным является параметрический резонанс, потому что амплитуда увеличивается при нем по геометрической прогрессии. Еще более опасным в данном случае является комбинационный резонанс, который в отличие от параметрического имеет не одну, а несколько резонансных частот в соответствии с изменяющейся жесткостью порохового заряда [3]. На заключительном этапе нестационарного горения заряда в результате вылета недогоревших элементов пороха через сопло имеют место дополнительные импульсы давления [4].

Авторы данной работы предлагают для исследования колебаний в пороховых элементах осуществить экспериментальную установку, позволяющую воспроизводить колебания системы «камеры сгорания – пороховые элементы». Процесс горения в установке имитируется потоком воздуха от мощной воздуходувки, который озвучивался звуковыми колебаниями от динамического излучателя звука или от модулятора потока воздуха. Имитация вбросов в сопло несгоревших фрагментов пороховых элементов осуществляется механическим дозатором шаров различных размеров и материала. Момент наступления резонансов фиксируется с помощью датчика давления, установленного в корневом сечении порохового элемента.

Литература

1. Валеев Г.Г. Основы проектирования и функционирования металлических зарядов для артиллерийских систем / Г.Г. Валеев, В.Ф. Сопин, Б.А. Соков // Казан. гос. технол. ун-т. – Казань. – 2005. – 316 с.
2. Шмидт Г. Параметрические колебания. – М. «Мир», 1978. – 336 с.
3. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения. М.:Наука, 1971. – 312 с.
4. Импульсный генератор давления со вбросом тела для КС РДТТ уменьшенного размера // Аэрокосмическая техника. ТЗ, №10. Октябрь, 1985. – 137-147 с.

УДК 532.64

ИСПАРЕНИЕ КАПЕЛЬ СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ CaCl_2 , NaCl НА АЛЮМИНИЕВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

ИСЛАМОВА А.Г., ОРЛОВА Е.Г., ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ФЕОКТИСТОВ Д.В.

Последние 20 лет интерес для многих практических приложений стали представлять процессы тепломассопереноса в мини- и микросистемах. Последнее обусловлено интенсивным развитием микроэлектроники и медицины, а также миниатюризацией разного рода устройств управления и контроля технологическими процессами (аэрокосмическая отрасль, автомобилестроение, транспорт). Происходит интенсивное развитие теплообменных систем с микро- и наноразмерами. Такие системы оказываются существенно более эффективными по сравнению с традиционными, использующими большие потоки теплоносителя. Материалами для изготовления мини-теплообменных систем являются, как правило, цветные металлы, а движение теплоносителя реализуется в основном в виде ручейковых течений, которые могут распадаться на отдельные капли. Теоретические основы испарения капель чистых жидкостей и их растворов на сегодняшний день не разработаны на уровне, обеспечивающем прогностическую оценку влияния различных факторов на данный физический процесс. Практически отсутствуют экспериментальные данные о характеристиках теплообмена в окрестности линии «раздела трех фаз» (газ – жидкость – подложка).

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование изменения контактного диаметра в условиях испарения капель растворов солей CaCl_2 , NaCl на алюминиевой поверхности, нагретой до $80\text{ }^\circ\text{C}$.

Экспериментальные исследования проводились на установке с использованием оборудования теневой системы [1]. Капля объемом $V_0=60$ мкл помещалась на поверхность электронным дозатором. Геометрические параметры капли получены после обработки фотокадров теневых изображений в программном обеспечении Drop Shape Analyses.

По результатам анализа изменения контактного диаметра (рис.1а (1)) выделены три режима испарения капли дистиллированной воды на полированной алюминиевой поверхности: 1 – увеличение площади контакта; 2 – «пиннинг» [1] капли (площадь контакта постоянна); 3 – «депиннинг» [1] капли (уменьшение контактного диаметра).

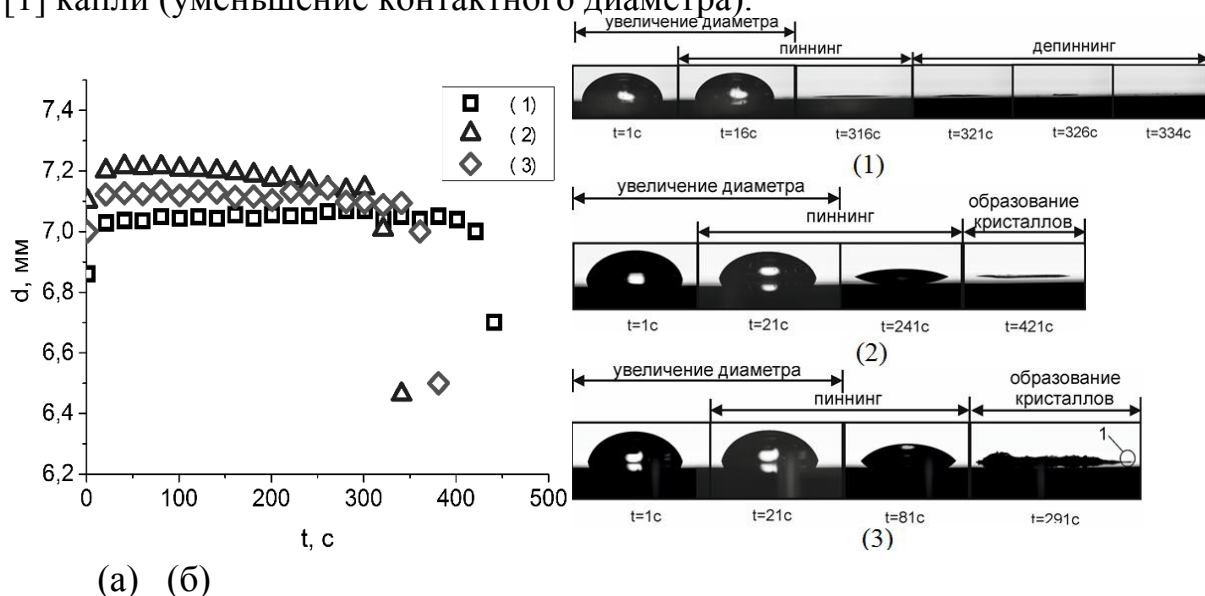


Рис. 1. Изменение контактного диаметра капли (а) и теневые изображения (б) процесса испарения жидкостей: (1) – дистиллированная вода, 10 % водные растворы: (2) CaCl_2 , (3) NaCl

При испарении 10 % водных растворов солей CaCl_2 , NaCl и соответствующем изменении контактного диаметра по аналогии с [1] можно условно выделить три режима испарения: 1 – увеличение площади контакта; 2 – «пиннинг» капли (площадь контакта постоянна); 3 – «образование кристаллов соли или кристаллогидратов» в капле. Механизм испарения водных растворов солей в режимах «увеличения площади контакта» и «пиннинга» аналогичен режимам испарения дистиллированной воды [1].

На рис. 1б (2-3) указано время $t=241\text{с}$ (10 % CaCl_2), $t=81\text{с}$ (10 % NaCl) начала кристаллизации (третьего условно выделенного режима испарения – «образование кристаллов соли или кристаллогидратов»). При (рис. 1б (2)), $t = 291\text{с}$ (рис. 1б (2)) поверхность капли покрыта тонкой кристаллогидратной плёнкой. Капля дистиллированной воды (рис. 1б (1)) в каждом режиме испарения имеет эллипсоидальный вид. У растворов солей при кристаллизации форма капли искажена кристаллогидратами, несимметрична и изменяется во времени. Рост и деформация кристаллогидратов приводит к «ступенчатой» форме контактной линии. Последнее не позволяет измерить контактный угол известными [1] методами.

Литература

1. Кузнецов Г.В. Режимы испарения капли воды на медных подложках / Г.В.Кузнецов, Д.В. Феоктистов, Е.Г. Орлова, К.А. Батищева // Коллоидный журнал, Т. 78, № 3. – 2016. – С. 17-22.

УДК 621.3.035.181.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА СРЕД ПРИ СЕПАРАЦИИ ЭМУЛЬСИИ

ИСЛАМОВА Г.Н., ХУСАИНОВ Р.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, ст. преп. СОЛОВЬЕВА О.В.;

канд. физ.-мат. наук, доцент СОЛОВЬЕВ С.А.

Перемешивание, являющееся причиной образования большей части нефтяных эмульсий, получается или в результате быстрого подъема через смесь нефти и воды газов в виде массы пузырьков, или от продавливания нефти и воды через сравнительно малые отверстия, но при большой скорости. Эмульгирование происходит обычно на стадиях процесса добычи нефти, эмульсии образуются в самих скважинах, либо в механическом эксплуатационном оборудовании, в выкидных трубах на поверхности земли, нефтепроводах [1].

Существует несколько механических способов разделения неоднородных смесей, самыми распространенными являются отстаивание, и сепарация. Так как отстаивание является процессом, требующим

больших затрат по времени, сепарация остается самым оптимальным способом разделения эмульсий [2].

Для разделения эмульсий используют различные виды сепараторов, такие как вертикальные, горизонтальные, гидроциклонные, трехфазные, тарельчатые и наиболее эффективные – гравитационно-динамические сепараторы.

Работу гравитационно-динамического сепаратора можно охарактеризовать следующим образом: эмульсия проходит через сложную внутреннюю структуру сепаратора, которая инициирует процесс коалесценции и постепенное опережение менее плотной жидкости более плотной. В итоге на выходе из разных патрубков выходят две разделенные жидкости.

Была предложена формула для определения положения границы поверхности раздела сред в зависимости от отношения плотностей эмульсионных фракций. Построена математическая модель сепаратора, проведены численные расчеты течения водо-нефтяной эмульсии с последующим разделением сред. Параметрические расчеты показали справедливость предложенной формулы.

Литература

1. Ши Г. Б. Нефтяные эмульсии и методы борьбы с ними //М.-Л.: Гостоптехиздат. – 1946.

2. Хафизов И.Ф. Интенсификация массообменных процессов в условиях закрученного движения потока / И.Ф. Хафизов, В.Г. Афанасенко // Междунар. науч.-практ. конф. «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности». – СПб., 2007. – Т. 11. – С. 277-278.

УДК 532.546 : 624.131.63

РАСЧЁТ ЗОНЫ СУФФОЗИОННОГО МАССОПЕРЕНОСА ОТ ЛИНЕЙНОГО ИСТОЧНИКА

КАЗАРИНОВ О.В., КГЭУ, г. Казань

Научн. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор ЯКИМОВ Н.Д.

Рассматривается задача о появлении линейного источника воды (например, при прорыве водовода) в грунте специальной структуры. Грунт

состоит их крупнозернистого скелета (мелкого галечника или гравия), поры которого заполнены водонепроницаемой мелкозернистой фракцией (типа ила или глины). Вода начинает течь по местам нарушенной структуры грунта (например, оставшимся после укладки трубы) от источника к поверхности, вымывая мелкодисперсную фракцию из пор скелета, примыкающих к потоку. Происходит перенос массы мелкодисперсной фракции водой из скелета с постепенным расширением зоны суффозии – разрушения структуры грунта с вымывом мелких частиц потоком фильтрующейся воды. Требуется определить конечную форму этой зоны.

Математическая постановка задачи формулируется на основе подходов, обычных при рассмотрении двумерных установившихся течений грунтовых вод при выполнении закона Дарси. Ввиду симметрии достаточно рассматривать одну половину области течения. Её граница, кроме горизонтальной линии выхода потока ($y = 0$) с нулевым напором ($h = 0$) и вертикальной оси симметрии ($x = 0$) с условием непроницаемости, на которой на глубине T расположен точечный источник интенсивности q , включает искомую границу суффозионной зоны. На ней скорость фильтрации должна принимать предельное для размыва значение v_* (вместе с условием непроницаемости).

Для такой задачи оказываются известными области в плоскости комплексного потенциала фильтрации (полуплоскость) и в плоскости комплексной скорости (полуплоскость с полукруговым вырезом). Это позволяет применить метод конформных отображений, например, в варианте, рассмотренном в [1]. Тогда решение сводится к построению аналитических функций комплексного переменного, реализующих отображения указанных областей на каноническую полуплоскость, и разрешению их связи относительно переменного $z = x + i \cdot y$. Получающееся выражение удаётся проинтегрировать аналитически и после разделения вещественной и мнимой частей построить параметрические уравнения искомого контура в явном виде. Для безразмерных переменных $X = x \cdot v_* / q$, $Y = y \cdot v_* / q$ эти уравнения имеют вид

$$X(\xi) = \frac{1}{\pi} \left[(d+1) \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\xi+1}{\xi-1}} - \sqrt{(\xi+1)(d-\xi)} \right],$$

$$Y(\xi) = \frac{1}{\pi} \left[\frac{d+1}{2} \ln \frac{\sqrt{d-\xi} - \sqrt{1-\xi}}{\sqrt{d-\xi} + \sqrt{1-\xi}} + \sqrt{(d-\xi)(1-\xi)} \right],$$

где ξ – параметрическая переменная, $-1 \leq \xi \leq 1$, а параметр d связан с безразмерной глубиной заложения источника монотонной зависимостью:

$$\frac{T \cdot v_*}{q} = \frac{1}{\pi} \left(\frac{d+1}{2} \ln \frac{d+1}{d-1} - 1 \right).$$

Данные уравнения позволяют легко провести расчёты, например, в пакете Excel и представить результаты графически.

Литература

1. Ильинский Н.Б., Поташев А.В. Краевые задачи теории взрыва. – Казань: Изд-во КГУ, 1986. – 184 с.

УДК 536.24+621.3.089.2

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД С РЕГЕНЕРАТИВНЫМ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕМ

МАКАРУШКИН Д.В., КазНЦ РАН; ЮДАХИН А.Е., КГЭУ, г. Казань
 Науч. рук. д-р техн. наук, доцент КИРСАНОВ Ю.А.

Регенеративным воздухоподогревателем (РВП) называется теплообменник, в котором теплопередающая поверхность поочередно омывается потоками горячего и холодного теплоносителя. Теплоносителем в РВП является газ. РВП используют для утилизации тепла, уходящих газов паровых котлов, газотурбинных установок и т.д. Одной из не теряющих актуальности проблем является необходимость дальнейшего повышения точности теплового расчета теплопередающей способности РВП. Решение этой проблемы возможно путем исследования теплогидродинамических характеристик теплопередающих поверхностей (насадки) регенератора на созданном в КазНЦ РАН автоматизированном исследовательском стенде.

Возможности стенда позволяют измерять ряд параметров, а система управления – задавать режим работы. К числу измеряемых параметров относятся: температуры и расходы газовых потоков, падение давления на рабочем участке, температуры насадки на поверхности и в центре. Система управления предусматривает периодическое механическое подключение рабочего участка к воздуховодам холодного и горячего потоков воздуха.

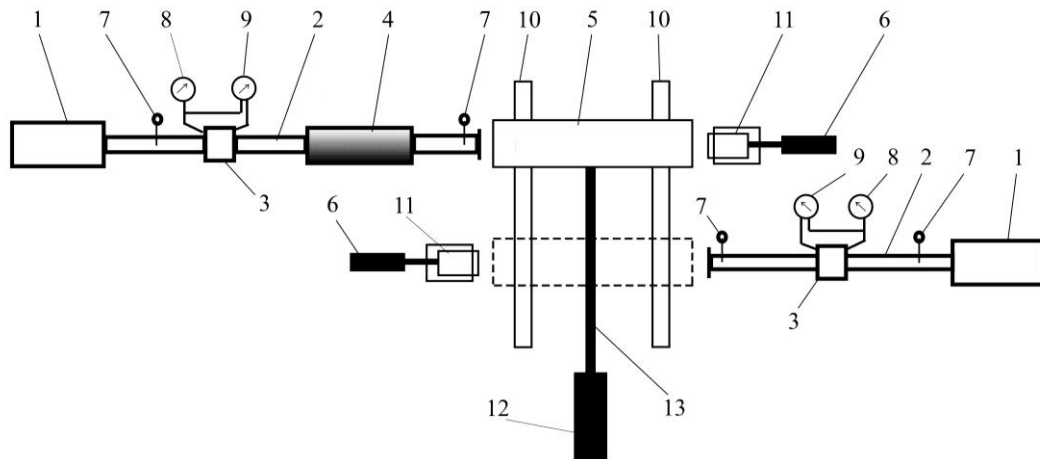


Рис. 1. Схема лабораторного регенератора

Лабораторный стенд (рис. 1) состоит из нагнетателей воздуха 1, воздухопроводов 2 с расходомерами 3, нагревателя 4, рабочего участка 5, блока перемещения, системы автоматического управления (САУ) и автоматизированной системой измерения (АИС). Питание нагревателя осуществляется постоянным током для минимизации наводок в измерительных цепях.

Рабочий участок 5, являющийся РВП, представляет собой канал квадратного сечения, внутри которого установлена насадка в виде плоских пластин. Среднерасходная температура газа замеряется перед насадкой и за ней. На входе и выходе рабочего участка предусмотрены штуцеры для подключения датчика перепада давления (перепадомера). Температура теплоносителя также контролируется термометрами 7, расход измеряется манометрами 8 и перепадомерами 9.

Работа стенда. После включения и выхода на заданные расходы нагнетателей воздуха 1 подается питание на электрический нагреватель 4. Рабочий участок, перемещаемый тяговым двигателем 12, по направляющим 10, через заданное время (для горячего и холодного потока оно может быть различным) подключается попеременно то к холодному, то к горячему воздуховодам. В момент подключения срабатывает концевой выключатель, сигнал от которого поступает на контроллер, включающий через усиливающий сигнал полевой транзистор прижимной двигатель 6. Последний через прижимной стакан 11 прижимает торец рабочего участка к патрубку воздуховода. Через заданное время контроллер подает управляющий сигнал на прижимной двигатель 6, который возвращается в исходное состояние, освобождая рабочий участок. Под действием пружин каретки (на рис. не указаны) рабочий участок отжимается от патрубка воздуховода и в этот момент контроллер подает

управляющий сигнал на тяговый двигатель, который через тягу 13 перемещает каретку в другое крайнее положение напротив патрубка другого воздуховода. Происходит срабатывание другого концевого выключателя и все операции повторяются. И так далее.

В каждом периоде происходит регистрация АИС показаний дифференциальных датчиков давления, температур потоков воздуха на входе и выходе из рабочего участка, температур насадки в нескольких точках.

УДК 621.45

РАСЧЕТ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ В ТУРБУЛЕНТНОМ ПОТОКЕ ОДНОРОДНОЙ СМЕСИ

МЕДВЕДЕВА А.С., УСАНОВА Л.М., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ПОПКОВА О.С.

Изучению скорости распространения пламени в турбулентном потоке с помощью экспериментальных методов уделено внимание в значительном количестве работ. Из-за различной методики проведения эксперимента полученные результаты иногда противоречат друг другу. Целью работы является нахождение способа определения скорости распространения пламени в турбулентном потоке однородной смеси.

Основным принципом для определения скорости распространения пламени в турбулентном потоке является принцип Михельсона. По этому принципу скорость U_T зависит от объемного расхода горючей смеси V и осредненной сглаженной поверхности пламени $S_{пл}$, которые определяются экспериментально: $U_T = V / S_{пл}$.

Найденная таким образом скорость распространения пламени является средней для всего факела. Для нахождения местной величины U_T , для расчета по этой формуле следует брать объемный расход и площадь поверхности соответствующего участка пламени.

Тогда для малого участка поверхности пламени можно записать

$$U_T = \Delta V / \Delta F ,$$

$$\Delta V = \Delta S w_a .$$

Отсюда

$$U_T = \Delta S w_a / \Delta F .$$

В пределе при устремлении размеров рассматриваемого участка к нулю получаем

$$U_T = w_a \sin \alpha ,$$

где w_a – местная скорость потока; α – угол между направлением скорости потока и поверхностью пламени в рассматриваемом участке.

Таким образом, формула для расчета скорости в рассматриваемой точке U_T совпадает с формулой для расчета локальной величины скорости распространения пламени по принципу Михельсона.

УДК 621.45

КОНВЕКТИВНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕРМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В ТРУБЕ

МЕДВЕДЕВА П.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ПОПКОВА О.С.

Для проведения расчетов представим подвод теплоты в прямоугольнике

$$\bar{Q}(x) = Q_0 [H(x - \lambda_1) - H(x - \lambda_2)].$$

На рис.1 построена зависимость декремента затухания при различных значениях конвективной скорости.

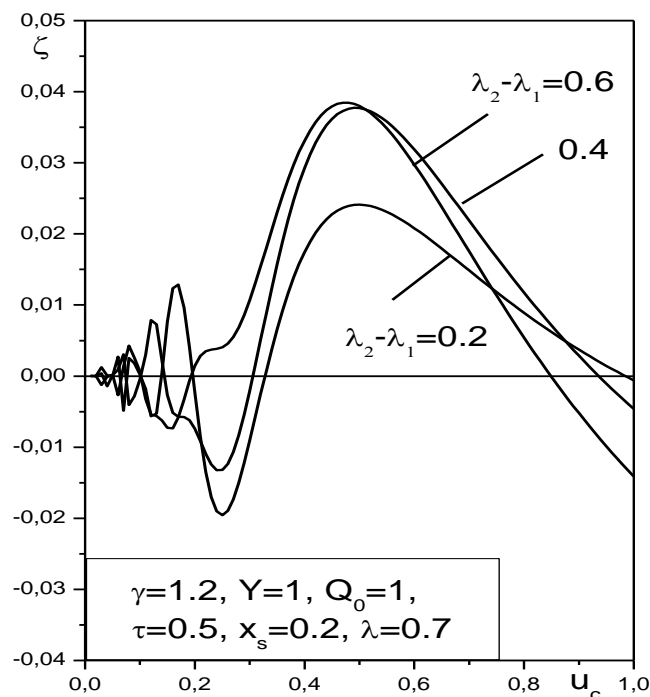


Рис. 1. Зависимость коэффициента затухания от скорости u_c (а) и λ (б) для конвективной модели

Расчеты выполнялись по программе, составленной на языке Fortran. Полученные результаты расчетов позволяют определить интервалы устойчивости колебаний в зависимости от конвективной скорости. В результате обобщения вычислений можно сделать следующие выводы: при уменьшении конвективной скорости ($u_c < 0,18$) величина ζ начинает колебаться и менять знак. Для $\lambda_1=0,4$, $\lambda_2=1,0$ устойчивые колебания принадлежат интервалу $0,19 < u_c < 0,84$, для $\lambda_1=0,5$, $\lambda_2=0,90$ – интервалу $0,31 < u_c < 0,94$. Если $\lambda_1=0,60$, $\lambda_2=0,80$, то пределами устойчивых решений являются $0,33 < u_c < 0,97$.

Положительные значения ζ определяются положением $0,64 < x < 0,94$ при $\lambda > 0,64$, что характеризует также устойчивость колебаний. С увеличением $\lambda_2 - \lambda_1 = 0,1$ до $\lambda_2 - \lambda_1 = 0,2$ изменяются пределы устойчивости колебаний $0,73 < x < 0,89$. Самый небольшой интервал положительных значений ζ , что является характеристикой устойчивых решений, наблюдается для $\lambda_2 - \lambda_1 = 0,4$. При $\lambda_2 - \lambda_1 > 0,4$ решения неустойчивы.

Обобщив полученные результаты расчетов можно сделать вывод, что при увеличении площади между ломаной и осью Ox приводит к увеличению границ устойчивости колебаний газа, при этом положение теплоподвода смещается влево.

УДК 621.547

УЛАВЛИВАНИЕ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ГАЗОВ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

НГУЕН ВУ ЛИНЬ, ДОНГ СУАН ВИНЬ, ДМИТРИЕВА О.С., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук доцент ДМИТРИЕВ А.В.

Действующие ТЭС за счет интенсивного использования ископаемого органического топлива являются источниками загрязнения воздушного бассейна твердыми частицами сажи, пыли, золы, оксидов серы, азота, углерода и др. Причем планируется дальнейшее увеличение производства электроэнергии на ТЭС на 36-47 % согласно «Энергетической стратегии России до 2020 г.». С целью снижения выбросов вредных веществ до нормативных значений на предприятиях реализуются очистные технологии (мероприятия), эффективно применяются фильтры тонкой очистки. В связи с этим разработка новых устройств, обладающих

повышенной эффективностью при невысоких энергетических затратах, является актуальной задачей.

Многие фильтры не выдерживают высоких температур. В процессе работы фильтры забиваются и начинают создавать значительное гидравлическое сопротивление. Поэтому для больших значений расходов газа, а также при высоких концентрациях твердых частиц очистка фильтрами достаточно затруднительна.

Авторы предлагают устройство, позволяющее использовать инерционное осаждение эффективно, благодаря особой структуре двухфазного потока. Закрученное течение имеет очень маленький радиус вращения, поэтому возникает большая центробежная сила даже при малых скоростях движения газа. Предлагаемое устройство предназначено для непрерывной или периодической работы. В первом случае уловленные частицы могут отводиться через специальные каналы. Если же частицы обладают массой, которая не позволит им переместиться вниз за счет силы тяжести, то необходимо предусматривать специальные способы перемещения. Это может быть поток жидкости (вода, масло и т.п.) или газа.

При малой концентрации частиц и размерах менее 10 мкм целесообразно использовать периодические сепарационные устройства. Для удерживания осевших частиц на поверхности необходимо нанести клейкую жидкость, как это делается в обычных фильтрах.

Конструкция достаточно простая, с минимальным количеством разнообразных элементов. Кроме того, отсутствуют элементы, которые необходимо изготавливать с высокой точностью, поэтому сборка конструкции будет простой, а ее стоимость невысокой.

Материал, из которого будет собираться конструкция, может быть практически любым. Для большинства технологических процессов можно в качестве материала сепарационных элементов использовать бумагу средней или высокой плотности. В случаях с высокими температурами, давлениями, высокими скоростями либо агрессивными средами подбору материала нужно уделить особое внимание.

В качестве объекта исследования было выбрано устройство со сторонами сепарационных элементов 10 мм, глубина элементов с обеих сторон составила 5 мм. Расстояние между соседними элементами в ряду 10 мм, расстояние между рядами 5 мм. В качестве осаждаемых частиц выбирались вода и твердые частицы с плотностью изменяемой в диапазоне 2000-4000 кг/м³. Сплошная среда – воздух при температуре 20 °С.

Исследования сепарации капель жидкости предлагаемым устройством показали, что большинство частиц оседает уже в первых двух рядах. С твердыми частицами была несколько другая картина. Значительная часть оседала на первых двух рядах, остальные частицы проскакивали к следующим рядам и прижимались к стенкам, где удерживались за счет центробежной силы.

В случае осаждения твердых частиц рассчитывалась траектория их по высоте. Выявлено, что изменение высоты полета части размером менее 1 мкм составила менее 3 %. Следовательно, в расчетах ей можно пренебречь и, как и в случаях осаждения капель, рассматривать двумерную задачу с достаточной точностью.

УДК 620.9

РАСЧЕТ ГИДРОДИНАМИКИ В ПЕРИОДИЧЕСКОМ ЭЛЕМЕНТЕ ВЫСОКОПОРИСТОГО ЯЧЕЕЧНОГО МАТЕРИАЛА

ПАНЕНКО Д.О., АРТЕМЬЕВА Е.В., ИКСАНОВА И.И., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, ст. преп. СОЛОВЬЕВА О.В.;
канд. физ.-мат. наук, доцент СОЛОВЬЕВ С.А.

В современном мире энергетические предприятия, промышленные производства (химические, металлургические и другие), автомобильный транспорт становятся причиной загрязнения атмосферного воздуха, в результате выбросов широкого диапазона вредных веществ, таких как: сажа, угарный газ, канцерогены, алифатические и ароматические углеводороды различных классов. Воздух, которым мы дышим, с каждым днем продолжает ухудшаться. Промышленно развитые страны затрачивают немалую часть государственного бюджета на программы по фильтрации и очистке газов, отходящих от предприятий и других видов промышленной деятельности, зачастую треть стоимости получаемой продукции идет на программу по защите окружающей среды. Все это стало предпосылкой для создания материала, при помощи которого возможно было бы решить остро стоящую проблему о загрязнении воздуха. Актуальной является разработка и создание катализаторов для решения экологических проблем.

Высокопористые ячеистые материалы в наше время становятся перспективным классом неорганических материалов. Они начинают получать широкое применение в различных отраслях промышленности.

Имея такие качества, как высокая пористость (от 78 до 97 %) и проницаемость, развитая регулируемая поверхность, малый объем, прочность при сжатии и малый размер ячейки (0,3–4,0 мм), ВПЯМ позволяет рекомендовать их не только для фильтрации газов (в том числе токсичных аэрозолей) и жидкостей, но и использовать их в качестве носителей катализаторов в процессах, где обязательно сочетать низкие гидравлические потери и высокоэффективность массообмена газового потока с поверхностью катализатора, к примеру, для очистки дымовых газов или проведения быстрых жидкофазных процессов. Также они используются в шумопоглотителях, топливных элементах, фильтрах, аккумуляторных электродах, теплообменных и теплоотводящих устройствах и т.д.

Целью данной работы являлось проведение численного расчета движения газа через высокопористый ячеистый материал на трехмерной модели в CFD пакете ANSYS Fluent. Построены вектора скоростей и линии тока для различных расходов газа. Проведенные расчеты могут лечь в основу расчета эффективных пористых ячеечных материалов для задач тонкой фильтрации газов.

УДК 536.5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПАРОВОМ КАНАЛЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТЕРМОСИФОНА

ПОНОМАРЁВ К.О., БАТИЩЕВА К.А., ПРИМАК А.Д., ТПУ, г. Томск
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ФЕОКТИСТОВ Д.В.

Термосифоны являются эффективными и перспективными для применения теплопередающими устройствами, реализующими в процессе своей работы естественную циркуляцию теплоносителя. Термосифоны могут быть использованы в системах охлаждения различного теплообменного оборудования (масляные трансформаторы, авиационные аккумуляторные батареи и т.д.), передавать значительные тепловые потоки, работая в автономном режиме. Поэтому к экспериментальным исследованиям таких систем отвода энергии в настоящее время вызван большой интерес.

Известно, что эффективность работы термосифона можно оценить по перепаду температур в паровом канале, но существуют такие режимы работы термосифона, при которых происходят периодические выбросы

теплоносителя из зоны нагрева в зону охлаждения. Используя малоинерционные и высокоточные устройства, можно зарегистрировать температурные возмущения (флуктуации) в паровом канале термосифона, наличие которых является фактором, сопровождающимся нестабильной работой и снижением теплопередающих характеристик термосифона. Несмотря на значительное количество экспериментальных исследований в этой области, условия, при которых возникают температурные возмущения, не установлены.

Целью работы является экспериментальное исследование температуры в паровом канале вертикального термосифона.

Экспериментальные исследования проводились на установке, принцип работы которой подробно описан в статье [1]. Измерение температуры в паровом канале проводилось откалиброванными термопарами типа К (OMEGA 5TC-TT-K-40-36), погрешность которых для исследуемых диапазонов температур (20 – 120 °С) составляет 0,1 °С. Сигнал с термопар поступал на аналоговый преобразователь National Instruments 9214 (NI 9214), паспортная точность которого составляет 0,01 °С для термопар типа К, опрос датчика – 0,96 секунд. Абсолютная погрешность измерений температур данной системы составляет 0,1005 °С.

Согласно анализу зависимостей (рис. 1) установлено, что существуют нестабильности температурных полей в паровом канале термосифона.

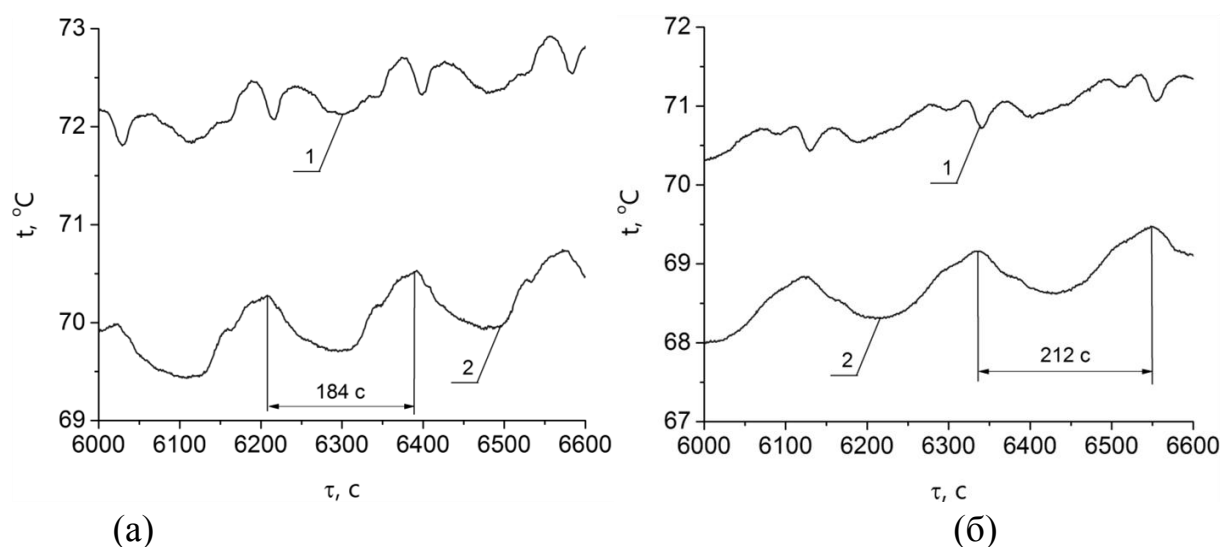


Рис. 1. Температурные возмущения в нижней 1 и верхней 2 частях парового канала.

Объем заполнения испарительной части термосифона дистиллированной водой:

а) 20 мл; б) 30 мл

Температурные (флуктуационные) возмущения можно объяснить конвективными потоками, которые возникают при испарении дистиллированной воды.

Определено, что с увеличением заполнения двухфазного термосифона возрастает период флуктуаций: при работе термосифона с объемом жидкости 20 мл он составил 184 сек, при 30 мл – 212 сек. Амплитуда колебаний в верхней части парового канала составляла 0,7 °С и 0,6 °С при объеме заполнения 20 мл и 30 мл соответственно.

Таким образом, в процессе экспериментального исследования температуры в паровом канале вертикального термосифона зарегистрированы температурные возмущения, которые, возможно, зависят от объема заполнения испарительной части термосифона.

Работа проведена в институте теплофизики СО РАН при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект номер 15-19-10025).

Литература

1. Ponomarev K.O., Orlova E.G., Nurpeyis A.E. Experimental study of thermosyphon operation when cooling the condensation part by drop irrigation // MATEC Web of Conferences . - 2017 - Vol. 92, Article number 01006. - p. 1-4.

УДК: 532.64

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ КОНТАКТНОЙ ЛИНИИ КАПЛИ ВОДНОГО РАСТВОРА ЭТИЛОВОГО СПИРТА ПО СТРУКТУРИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

ПРИМАК А.Д., ПОНОМАРЕВ К.О., ТПУ, г. Томск
Науч. рук. ассистент ОРЛОВА Е.Г.

Растекание капли по поверхности подложки применяется в различных технологиях: системы капельного и спрейного охлаждения, сушка различных материалов, нанесение покрытий. Растекания капли характеризуется двумя наиболее важными параметрами: скоростью перемещения контактной линии (КЛ) и динамическим контактным углом (ДКУ). Для системы «жидкость-воздух-твердое тело» известен еще один параметр – гистерезис контактного угла, равный разности наступающего и отступающего ДКУ. Причиной возникновения последнего может быть шероховатость поверхности, ее гетерогенность. Этот параметр требует

изучения ввиду того, что известные исследования проводились либо на гладкой, либо на поверхностях с упорядоченной структурой. Экспериментальные исследования растекания капель на поверхностях материалов, используемых в промышленности (с хаотичным микрорельефом), проводились крайне редко.

Целью данной работы является установление закономерностей растекания капли водного раствора этилового спирта по структурированной поверхности твердой подложки.

Для проведения исследований использовался оптический теневой метод, подробно описанный в [1]. Вынужденное растекание реализовывалось с помощью системы подачи жидкости, состоящей из высокоточного шприцевого насоса Cole Parmer и медного канала, соединяющего насос с отверстием в твердой подложке. Насос работал в двух режимах – нагнетания и откачивания, в процессе которых был измерен наступающий и отступающий ДКУ и диаметр капли. В качестве жидкости использовался 49 % водный раствор этилового спирта. Структура поверхности алюминиевого сплава (АМГ-6, ГОСТ 21488-97) создавалась с помощью лазерной обработки (мощность лазера 50 %). Объем капли составлял 0,1 мл, расход жидкости – 0,05, 0,07, 0,09 и 0,11 мл/с.

На рисунке 1 представлены зависимости ДКУ и контактного диаметра от времени процессов нагнетания и откачивания жидкости при расходе 0,07 мл/с.

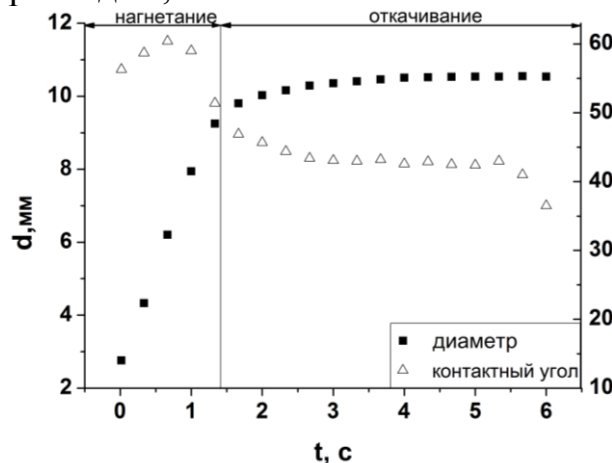


Рис. 1. Изменение ДКУ и контактного диаметра во времени при расходе жидкости 0,07 мл/с

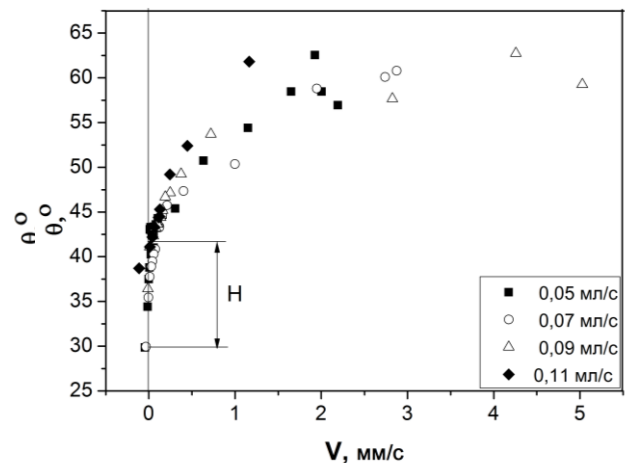


Рис. 2. Зависимость ДКУ от скорости перемещения КЛ для всех расходов жидкости

Установлено, что при нагнетании жидкости контактный диаметр растёт, наступающий ДКУ возрастает непродолжительное время, затем уменьшается. Режим откачивания жидкости сопровождается незначительным увеличением контактного диаметра (2,5 с). На

завершающей стадии откачивания (в течение 2 с) наблюдается пиннинг КЛ, т.е. диаметр практически не изменяется. ДКУ уменьшается незначительно. При исследовании воды [1] обнаружено уменьшение диаметра в режиме откачивания. Такое расхождение, скорее всего, связано с тем, что значение поверхностного натяжения раствора меньше, чем у воды. Именно поэтому КЛ двигалась в сторону увеличения диаметра, о чем свидетельствуют положительные значения скорости (рис. 2).

Гистерезис контактного угла составляет 15° (рис.2) и не зависит от расхода подаваемой жидкости.

Работа поддержана грантом Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (МК-6810.2016.8).

Литература

1. G. Kuznetsov, D. Feoktistov, E. Orlova. Contact angle hysteresis of a drop spreading over metal surfaces // MATEC Web of Conferences 84, 00019 (2016).

УДК 536.2:66.02

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ НА НАЧАЛЬНОМ УЧАСТКЕ СТЕНКИ СТРУЙНО- БАРБОТАЖНОГО КОНТАКТНОГО УСТРОЙСТВА

САЛИМХАНОВ М.М., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ШАРИПОВ И.И.

Во многих отраслях промышленности большинство процессов связано с обработкой газов и жидкостей. Одним из способов повышения эффективности различных технологических производств является интенсификация процессов тепло- и массообмена практически на всех технологических стадиях. Для осуществления технологических операций разработаны и используются различные колонные массообменные аппараты, в конструкции которых основное внимание уделено созданию условий для эффективного взаимодействия фаз [1].

Одним из способов интенсификации является разработка новых видов контактных устройств, применяемых в колонных массообменных аппаратах.

С этой целью для исследования течения жидкости на начальном участке стенки струйно-барботажного контактного устройства, была создана экспериментальная установка (рис.1) [2].

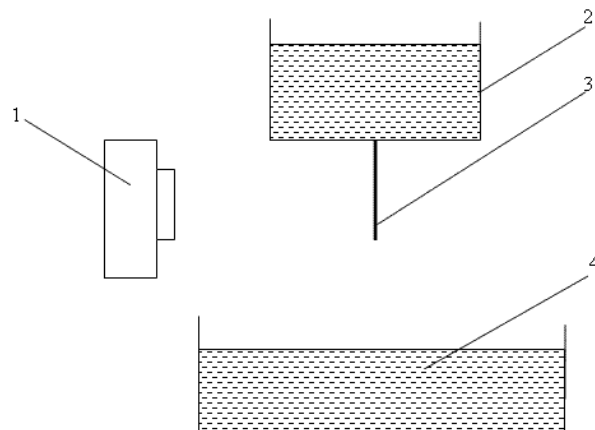


Рис. 1. Экспериментальная установка: 1 – фотоаппарат; 2 – емкость для слива жидкости; 3 – сменная экспериментальная пластина; 4 – емкость для сбора жидкости

Экспериментальная установка состоит из фотоаппарата (1) для фиксации процесса течения жидкости, двух емкостей (2) с отверстием для стекания различного диаметром и (4) для сбора жидкости, а также сменными экспериментальными пластинами, имитирующими начальный участок контактного устройства.

Литература

1. Артамонов. Н.А. Очистка газов. Вихревые и фотохимические аппараты. Теория и эксперимент: учебное пособие для вузов. / Н.А. Артамонов, В.В. Качак. – М.: ЗАО «Информ-Знание», – 2002. – 336 с.
2. Шарипов И. И. Исследование течения жидкости на начальном участке контактного устройства для струйно-барботажной колонны / И. И. Шарипов., М. М. Салимханов // Молодой ученый. – 2017. – № 4.

УДК 532.5.032

КОЭФФИЦИЕНТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРЕНИЯ В КАНАЛАХ С РАЗЛИЧНОЙ ФОРМОЙ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

СОКОЛОВА У.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент ХАРЧУК С.И.

При движении жидкости в каналах некруглого сечения (прямоугольных, кольцевых и т.п.) значение коэффициента гидравлического трения отличается от традиционных круглых труб, что

может иметь определяющее значение при проектировании новых установок. Для оценки влияния формы сечения используют так называемый гидравлический радиус, равный отношению площади сечения потока к смоченному им периметру канала $R_r = S / \Pi$, или гидравлический диаметр. Для круглого сечения гидравлический диаметр равен геометрическому $D_r = d$, для прямоугольного сечения вида $(a \times b)$ соответствует $D_r = 2ab / (a + b)$.

При ламинарном течении в этом случае расчеты потерь напора ведут по обобщенной формуле Дарси-Вейсбаха, в которую вместо d подставляют D_r , а вместо λ используют $\lambda'_л = k\lambda_л$, т.е.

$$h_{mp} = \lambda'_л \frac{l}{D_r} \frac{v^2}{2g},$$

$$\lambda'_л = k \frac{64}{Re}.$$

где k – поправочный коэффициент, зависящий от формы сечения.

Для оценки влияния формы сечения на гидравлическое сопротивление в работе проведен численный расчет трехмерного ламинарного течения в каналах различной геометрии: круглых, прямоугольных, эллиптических, треугольных и в виде сот. Вычисления выполнены в отечественном лицензионном гидродинамическом пакете FlowVision.

В таблице представлено сравнение расчетных и экспериментальных поправочных коэффициентов для каналов прямоугольного сечения с различным соотношением сторон b/a .

Таблица

Зависимость поправочного коэффициента k от сторон прямоугольника

b/a	1	1,5	2	3	4	5
k - эксперимент	0,89	0,92	0,97	1,07	1,14	1,19
k - расчет	0,885213	0,918252	0,974406	1,07197	1,141448	1,192144

На рисунке показаны результаты численного моделирования ламинарного течения для разных форм каналов. Течение жидкости направлено вдоль оси Z , длина трубы 2 м, высота сечения 0.1 м. На плоскости симметрии вдоль канала изображены вектора скоростей, а в поперечном сечении – цветовые контуры поля скорости. В виде графика даются потери статического давления вдоль канала. На входе задавался

массовый расход, а на выходе нулевое избыточное давление. На стенках условие прилипания и непроницаемости.

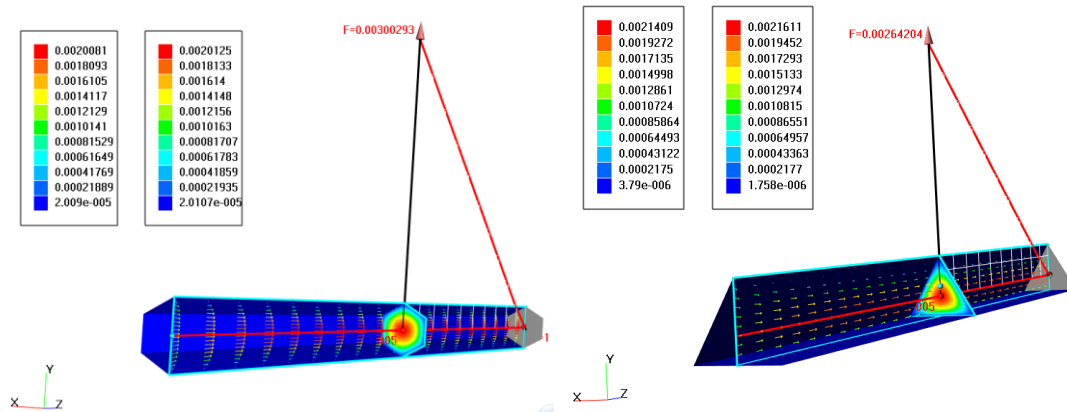


Рис. 1. Примеры математической модели для формы поперечного сечения – треугольник, соуса

Таким образом, сравнение полученных расчетных и экспериментальных данных, представленных в литературных источниках, позволило убедиться в правильности математической модели.

УДК 532.5.032

КОЭФФИЦИЕНТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИИ

СОКОЛОВА У.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент ХАРЧУК С.И.

Щелевым уплотнением называют зазор между сопрягаемыми деталями, заполненный смазывающей жидкостью, которая служит для обеспечения малой силы трения при относительном перемещении уплотняемых деталей.

Течение жидкости в щелевых уплотнениях имеет место в большинстве гидравлических машин:

1. гидроцилиндрах: станочного оборудования, самосвалов, подъемных кранов, дорожно-строительных машин, лесозаготовительных, горных;
2. гидроусилителях рулей автомобилей и в системе управления закрылками и рулями самолетов;
3. подшипниках скольжения, где есть подвижное взаимодействие вала и втулки;

4. главных исполнительных механизмах для управления направляющими аппаратами и поворотом лопастей гидротурбин гидроэлектростанций.

Важной характеристикой щелевых уплотнений являются утечки жидкости через них при эксплуатации оборудования. Однако величина утечек зависит от гидравлического сопротивления щели, которое определяется режимом течения (ламинарным или турбулентным), максимальным значением скорости в зазоре, профилем скорости и формой зазора.

Для определения закономерностей течения жидкости в щелевых зазорах различной геометрии в работе рассмотрено ламинарное установившееся течение несжимаемой жидкости, так как из литературных источников следует, что течение в щелевых уплотнениях, как правило, ламинарное.

Из-за возможного многообразия видов щелевых уплотнений, что предполагает многочисленные экспериментальные исследования на разных режимах каждого из них, в работе проведено численное моделирование течения жидкости в щелевых зазорах различной геометрии с помощью гидродинамического лицензионного отечественного вычислительного пакета FlowVision.

Пример расчета ламинарного течения в плоском щелевом зазоре высотой 0.5 мм и длиной 15 мм представлен на рисунке 1. Течение жидкости направлено вдоль оси X, толщина зазора измеряется по оси Y.

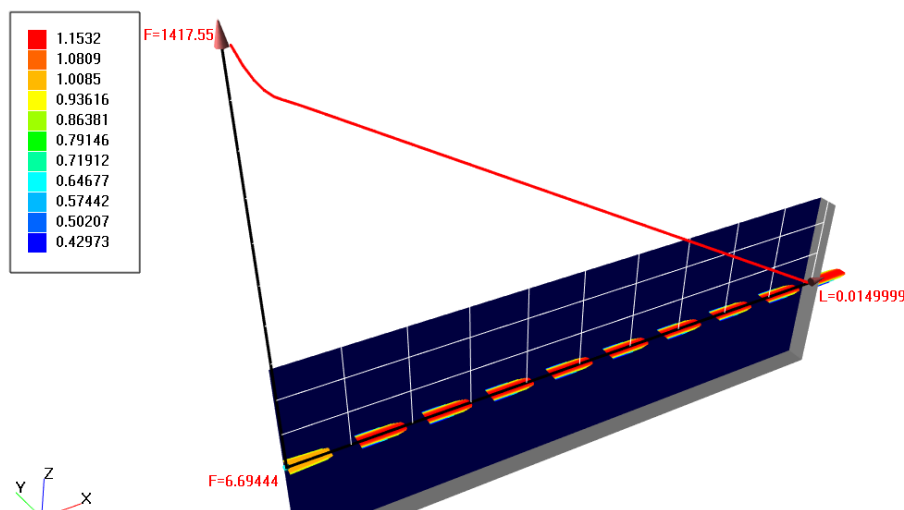


Рис. 1 Распределение скорости и давления в щелевом зазоре

Профили скоростей изображены для срединной плоскости зазора в 11 поперечных сечениях. В виде графика построено давление на средней

линии зазора. На графике хорошо виден начальный участок, где скорость на оси меньше, а изменение давления имеет нелинейный характер.

Для обработки результатов расчетов использовали известную формулу Дарси, где в качестве D использована высота щели.

Получено хорошее соответствие расчетных значений коэффициента гидравлического сопротивления с данными эксперимента [1,2].

Литература

1. Никитин Г.А. Щелевые и лабиринтные уплотнения гидроагрегатов // М.: Машиностроение, 1982. с.12-16.

2. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для машиностроительных вузов // Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др.– М.: Машиностроение, 1982. с.77-79.

УДК 621.45

ПАРАМЕТРЫ РАСПЫЛА ТОПЛИВА В НЕПОДВИЖНОМ ВОЗДУХЕ

УСАНОВА Л.М., МЕДВЕДЕВА А.С., КГЭУ, г. Казань
 Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ПОПКОВА О.С.

Дальнобойность факела, образуемого при истечении топлива в неподвижный воздух из неподвижной форсунки, будем находить из основных уравнений баллистики капель. Длина пробега капель в неподвижном воздухе прямо пропорциональна их диаметру в степени 1,5, плотности топлива и корню из начальной скорости истечения. Если проинтегрировать от 0 до x_ϕ и от v_0 до 0, и заменив скорость истечения ее значением из уравнения Бернулли, получим формулу для расчета дальности факела

$$x_\phi = \frac{8 \left(\frac{d_{np}}{d_{cp}} \right)^{1,5}}{3 a_k A_1^{1,5}} \left[\left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^{0,77} + \left(\frac{v_T}{v_0} \right)^{0,44} \right]^{1,5} \frac{R^{1,11} T_2^{1,11} \gamma_T}{p_2} \times \sqrt{\frac{k^{1,22} p_0 g^{0,22} d_\phi^{1,5} \mu_\phi^{1,5}}{\eta_2 v_0^{0,72}}}$$

В эту формулу входят только величины, которые могут быть непосредственно измерены или рассчитаны. При увеличении температуры

воздуха, плотности топлива, диаметра и коэффициента расхода форсунки видимый факел удлиняется за счет ухудшения распыла, а при увеличении давления воздуха и скорости истечения топлива – укорачивается за счет улучшения распыла.

При распыле топлива в неподвижный воздух происходит сепарация неиспаряющихся капель по размерам: крупные капли удаляются на большее расстояние от сопла форсунки, чем мелкие. Поэтому относительное содержание крупных и мелких капель, т.е. спектр распыла, зависит не только от форсунки, но и от расстояния, на котором производится изучение факела. В действительности распыл ухудшается, дальноточность факела увеличивается за счет увеличения размеров капель и уменьшения аэродинамических сил. Реальное изменение распыла можно заметить, только применяя интегральный метод, при котором регистрируются все образующиеся капли, независимо от расстояний, на которые они удаляются от форсунки.

УДК 621.45

РАСЧЕТ ГОРЕНИЯ ТОПЛИВА

ФАЙЗУЛЛИНА А.И., ХАЙРУТДИНОВ М.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ПОПКОВА О.С.

В работе изложено обобщенное представление о типичных основных теплотехнических вопросах, сопровождающих современное производство строительных материалов. Практическое использование основных методов расчета горения топлива, температурных полей и тепловых установок предполагает глубокое знание и творческое использование основ термодинамики и теплопередачи, тепло- и массообмена, тепловых и аэродинамических балансов.

Теоретические основные законы термодинамики и теплопередачи позволяют получить представление о практическом их использовании в производстве бетонных, железобетонных и керамических изделий, вяжущих, теплоизоляционных и гидроизоляционных материалов для строительства.

Методы математического анализа, а также теоретического и экспериментального исследования с использованием основных законов теплотехнических дисциплин, позволяют описать принципы работы основных тепловых установок в технологии строительных материалов и

изделий и способы осуществления обоснования и выбора теплового оборудования.

Промышленные виды топлива горят в результате химических реакций окисления их горючей части кислородом воздуха. Основной целью работы является расчет горения с определением расхода воздуха на горение топлива, количество и состав продуктов горения – дымовых газов, образующихся в результате горения топлива, температуры дымовых газов, определение необходимого расхода кислорода. Расход кислорода рассчитывают исходя из стехиометрических соотношений реакций окисления отдельных компонентов горючей части топлива, их атомных и молекулярных масс.

Для твердого и жидкого топлив эти расчеты ведут по соотношениям массы веществ, участвующих в реакциях, а для газообразного топлива – по объемным соотношениям. Расход воздуха определяется, учитывая в нем наличие азота и водяных паров. Расход кислорода и, следовательно, расход воздуха, соответствующий точным стехиометрическим соотношениям реакций горения, является теоретически необходимым расходом воздуха.

В действительности же при сжигании топлива подают в топку всегда несколько больше воздуха в сравнении с теоретическим, так как часть кислорода не успевает прореагировать с горючими частями топлива из-за несовершенства процесса смешения топлива с воздухом.

При расчете горения топлива определяют количество и состав дымовых газов, образующихся в результате этого процесса. Они также получаются из стехиометрических соотношений реакций взаимодействия горючих составных частей топлива с кислородом воздуха с учетом закона равенства массы реагирующих веществ и продуктов реакции. В составе и количестве дымовых газов учитывается избыточный кислород, весь азот и влага, вовлеченная с воздухом.

Существуют аналитические формулы для расчета горения топлива. Однако пользование ими не раскрывает возможных ошибок расчета, в связи с чем расчет по стехиометрическим соотношениям, по крайней мере для учебных целей, предпочтительнее. Существуют также многочисленные эмпирические формулы для определения расхода воздуха и количества дымовых газов.

Правильность выполненного расчета горения топлива проверяются методом составления материального баланса процесса.

УДК 621.45

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПЫЛА ФАКЕЛА ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ФОРСУНКИ

ХАЙРУТДИНОВ М.А., ФАЙЗУЛЛИНА А.И., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент ПОПКОВА О.С.

Основным видом топлива для тепловых двигателей являются различные сорта жидких топлив – бензины, керосины, соляры, сжиженный природный газ, жидкие или сжиженные ракетные топливные компоненты. В зону горения жидкое топливо обычно подается в распыленном на капли виде и с нужными концентрациями распределяется в огневом пространстве. Это обеспечивает равномерное и быстрое его испарение, образование горючей смеси с благоприятными для горения свойствами, а также быстрое и качественное последующее ее сгорание.

В камеры сгорания топливо подводится под некоторым давлением к небольшим специальным устройствам – форсункам, посредством которых оно непрерывно впрыскивается в быстрый поток воздуха, протекающий через двигатель и камеру сгорания, в котором потом и сгорает. Кислород атмосферного воздуха служит окислителем для горючего. В пневмомеханических форсунках топливо подается под сравнительно большим перепадом давления и распыливается с помощью центробежного распылителя.

Вокруг центробежного распылителя, соосно с ним, располагаются 1-3 кольцевых лопаточных или канальных воздушных завихрителя. С помощью них улучшается процесс распыливания и обеспечивается нужное поле распределения топлива. То есть, в пневмомеханических форсунках топливо распыливается в основном за счет энергии самого подаваемого топлива.

При испытаниях форсунок на специальных экспериментальных стендах качество их работы оценивается по форме и дальности струй впрыскиваемого ими топлива, по обеспечению требуемого закона распределения массы топлива в пространстве и величине неравномерности этого распределения, а также по величине диаметров образующихся капель и их относительному количеству в факеле распыла.

Для выполнения расчетов процессов смесеобразования и горения для начального сечения зоны горения в числе исходных данных по факелу распыла задаются общий расход топлива; начальные диаметры капель,

число их фракций по диаметрам, минимальный и максимальный диаметры капель в факеле распыла, количество капель в каждой выделенной размерной фракции (распределение капель по диаметрам); значения составляющих скоростей капель для каждой размерной фракции и распределение капель по скоростям; значения составляющих скоростей движения воздуха и их распределение в сечении.

Далее производится расчет рабочего процесса в камере сгорания, в том числе траекторий движения испаряющихся капель. В результате расчета становятся известными траектории движения капель для каждой их размерной фракции, поля распределения испаренного топлива и массы жидкого топлива, которая содержится в недоиспарившихся каплях.

УДК 66.02

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИДКОСТИ ПО ПОВЕРХНОСТИ ПЕРЕГОРОДОК В СТРУЙНО-ПЛЕНОЧНЫХ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВАХ

ХАФИЗОВА А.И., КРУГЛОВ Л.В., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент ДМИТРИЕВ А.В.

На сегодняшний день одной из актуальных проблем является увеличение энергоэффективности существующих теплообменников аппаратов. Для этого необходимо провести модернизацию устройств. В последнее время появилось огромное множество конструкций контактных устройств, которые позволяют увеличить производительность установок, но и они не лишены недостатков, таких как высокое гидравлическое сопротивление, сложность конструкций, поверхность аппарата обладает плохой смачиваемостью и малой удельной площадью поверхности контакта.

В большинстве аппаратов, использующихся на данный момент на теплоэнергетических предприятиях, наблюдается одна из важнейших проблем – неравномерность распределения жидкой и газовой фаз в поперечном сечении рабочей зоны, что существенно снижает эффективность процесса теплообмена.

Вследствие этого для увеличения производительности работы контактного аппарата необходимо внедрение новых устройств для контакта газа и жидкости, имеющих сравнительно большую площадь

поверхности контакта фаз и относительно невысокое гидравлическое сопротивление.

Предлагается усовершенствовать уже существующую конструкцию струйно-барботажного контактного устройства (патент РФ № 156379), добавив отверстия в виде отогнутых лепестков, что заметно позволит увеличить эффективность протекающих в аппарате массообменных процессов. Для выбора оптимального размера и числа лепестков, позволяющего увеличить площадь смачивания перегородки, проведен ряд опытов и проанализированы изменения течения жидкости по поверхности. В результате чего было замечено, что при очень малом расходе по перегородке протекает струя жидкости и попадает прямо в отверстие, вытекая из него также струей. С увеличением расхода часть жидкости растекается по перегородке после столкновения с лепестком, а другая часть – протекает через отверстие. При дальнейшем увеличении можно наблюдать образование капель жидкости, которые двигаются вверх. Таким образом, при увеличении расхода увеличивается поверхность контакта жидкости и газа, а перегородка покрывается стабильной пленкой.

УДК 621.3.035.181.2

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВОЙ ЭМУЛЬСИИ В ГРАВИТАЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКОМ СЕПАРАТОРЕ

ХУСАИНОВ Р.Р., ИСЛАМОВА Г.Н., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, ст. преп. СОЛОВЬЕВА О.В.;
канд. физ.-мат. наук, доцент СОЛОВЬЕВ С.А.

Во многих промышленных процессах образуются нежелательные побочные продукты, например, водо-масляные эмульсии. Временами в таких эмульсиях содержания масла достигает 10000 мг/л. Законами большинства стран мира категорически запрещено сбрасывание подобных жидкостей в воду или почву. Для очистки данных жидкостей используются сепараторы эмульсий. Сепараторы жидкостей предназначены для разделения эмульсий, которые образуются за счет двух несмешиваемых жидкостей. Одними из самых эффективных устройств в этой области являются гравидинамические сепараторы. Эмульсия, попадающая в устройство, проходит через внутреннюю структуру устройства, где происходит ускоренная коалесценция (слияния и

укрупнение) мелких капель жидкости, после чего она разделяется на две части в узле перетока. В итоге на выходе имеем две жидкости с разными плотностями. Гравидинамические сепараторы успешно протестированы и используются в нефтеперерабатывающих заводах, в автопромышленности, очистки сточных вод от масел, а также для сбора и обезвоживания нефтепродуктов. Они могут использоваться как отдельно так и совместно с другими устройствами. Преимущество гравидинамических сепараторов в том, что они эффективно и надежно разделяют эмульсии в широком диапазоне содержания нефтепродуктов, начиная от 20-100 мг/л и заканчивая 90-97 %. Кроме того, содержание нефтепродуктов в процессе разделения может регулироваться в определенном диапазоне. Данные качества хорошо сочетаются с устройствами для более тонкой очистки и разделения эмульсий, которые нуждаются в предварительном снижении концентрации нефтепродуктов на входе до более низкого уровня. Оборудования с подобным назначением (гидроциклоны, тонкослойные отстойники, флотаторы) при аналогичных условиях обычно «захлебываются», понижается эффективность сепарации. Также для поддержания непрерывной работы гравидинамическим сепараторам не требуется химических реагентов, приспособлений, насадок или других расходных материалов. При работе они потребляют незначительное количество электроэнергии или же совсем ее не потребляют, а формы сепараторов могут быть заданы такими, каких требуют условия их размещения.

Построена трехмерная модель гравитационно-динамического сепаратора эмульсий. Проведено численное моделирование процесса разделения эмульсии типа вода-нефть для двух случаев: для сплошных пластин и пластин с щелевыми отверстиями при различных расходах. Расчеты показали, что с возрастанием расхода эффективность сепарации увеличивается для случая пластин с щелевыми отверстиями, что является предпосылкой для дальнейшего усовершенствования гравитационно-динамического сепаратора, определения необходимых конструктивных особенностей и оптимального диапазона отношения плотностей сред для конкретного типа эмульсий.

УДК 534.213.4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КОЛЕБЛЮЩЕГОСЯ ГАЗА ВБЛИЗИ РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ В ОБЛАСТИ ОТКРЫТОГО ТОРЦА ТРУБЫ

ШАЙДУЛЛИН Л.Р., К(П)ФУ; ТКАЧЕНКО Л.А., ИММ КазНЦ РАН, г. Казань
Науч. рук. д-р техн. наук, профессор КАШАПОВ Н.Ф.

Многие современные технические устройства представляют собой некоторый ограниченный объем, поэтому анализ колебаний замкнутой газообразной среды рассматривается как одна из задач при изучении особенностей нелинейных колебаний в физической акустике. При исследовании резонансных колебаний газа в открытой трубе возникают значительные трудности, вызванные различными эффектами нелинейного волнового поля у выходного сечения [1]. В работе [2] подробно рассмотрено поле мгновенных скоростей в осевом и радиальном направлениях в области открытого торца трубы. Также изучалось движение плоской частицы при нелинейных колебаниях газа в трубе в безударно-волновом режиме вблизи первой собственной частоты [3]. Представляется необходимым в продолжение работ [1-3] экспериментальное исследование температуры газа вблизи первой собственной частоты в окрестности открытого торца трубы.

Эксперименты проводились на установке основным элементом, которого является виброгенератор марки TIRA vib S 5220/LS. Продольные колебания газа в трубе, длиной $L = 0,918$ м и внутренним диаметром $d_0 = 0,1005$ м, создавались плоским поршнем с диаметром $d = 0,1$ м. Давление газа измерялось пьезоэлектрическим датчиком модели 8530C-15 фирмы Bruel & Kjaer. Температура газа измерялась с помощью прецизионного термистора с малой инерционностью.

В результате экспериментальных исследований получены амплитудно-частотные характеристики температуры газа в области открытого торца трубы при его вынужденных продольных колебаниях вблизи первой собственной частоты. Выявлен немонотонный характер распределения температуры газа, связанный с вихревым движением при истечении колеблющегося газа из трубы.

Литература

1. Зарипов, Р.Г. Нелинейные колебания газа в окрестности открытого торца трубы / Р.Г. Зарипов, Р.И. Давыдов, Н.В. Сонин. // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2001. – № 3 – С.1-3.

2. Ткаченко Л.А. Распределение скорости течения колеблющегося газа в окрестности открытого торца трубы в безударно-волновом режиме / Л.А. Ткаченко, Р.Г. Зарипов // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т.17. – № 3. – С. 71-74.

3. Губайдуллин, Д.А. Движение частицы при нелинейных колебаниях газа в открытой трубе в безударно-волновом режиме / Д.А. Губайдуллин, Р.Г. Зарипов, Л.А. Ткаченко, Л.Р. Шайдуллин // Инженерно-физический журнал. – 2015. – Т. 88. – № 4. – с.843-847.

УДК 541.62

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАЗОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
НА СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ, СОДЕРЖАЩИХ АТОМЫ
ФОСФОРА И МЫШЬЯКА**

ШАЙМУХАМЕТОВ М.И., КГЭУ; ХАЛИТОВА М.Ф., КНХК, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, профессор ХАЛИТОВ Ф.Г.

В работе для изучения и установления взаимосвязи между электронным строением и характеристиками аналитических методов ИК-, КР- и ЯКР-спектроскопии, дипольных моментов, РСА проведен анализ экспериментальных данных для соединений, содержащих атомы фосфора и мышьяка. В частности, обсуждаются изменения параметров молекул при перемене фазового состояния, влияния межмолекулярных взаимодействий на углы вращения различных поворотных изомеров.

Методами колебательной спектроскопии изучены влияния межмолекулярных взаимодействий на молекулы, изменения их конформационного строения. Обсуждается процесс взаимодействия молекул в кристалле, приводящий к объединению молекул в димеры. Выявлены ИК-полосы, чувствительные к конформационным изменениям и симметрии строения молекул.

Проведены оценки термодинамических параметров различных конформеров с соответствующими энергиями внутримолекулярных взаимодействий и отличающимися дипольными моментами.

УДК 536.243 : 536.24.083

МЕТОД РЕГУЛЯРНОГО РЕЖИМА 1-ГО РОДА ПРИ НЕПОСТОЯННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ШАЛИНА М.Ю., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор ЯКИМОВ Н.Д.

Метод регулярного теплового режима 1-го рода применяется для экспериментального определения теплофизических характеристик веществ, в первую очередь – коэффициента температуропроводности. Основы метода, как и теория регулярного теплового режима, были разработаны выдающимся российским учёным Г.М. Кондратьевым. Благодаря относительной простоте и эффективности этот классический метод продолжает широко использоваться и развиваться в научно-технических исследованиях в России и за рубежом, излагается в учебниках, изучается в вузах.

При использовании метода образец из исследуемого материала охлаждается (или нагревается) в жидкой среде при интенсивной теплоотдаче (число $Bi \rightarrow \infty$), и по температурным характеристикам процесса на стадии регулярного режима определяются теплофизические параметры материала. При этом температура охлаждающей (нагревающей) среды предполагается постоянной в ходе процесса. Для обеспечения этого условия приходится принимать специальные меры, в частности, использовать большие объёмы среды с организацией перемешивания или прокачки, воду со льдом и др., что существенно усложняет организацию эксперимента.

В данной работе рассматривается вариант метода, когда используется ограниченный теплоизолированный объём среды, температура которой будет меняться в ходе эксперимента из-за обмена теплотой с образцом.

Удалось показать, что и в таком варианте будет иметь место регулярный режим. Аналитическое решение для такого рода процессов, необходимое для расчёта искомых теплофизических характеристик по измеренным температурным параметрам нестационарного процесса на регулярном режиме, оказалось возможным построить для образца в форме шара. Получены уравнения для такого расчёта, упрощённые формулы и оценка точности последних. При этом проведение эксперимента не усложняется по сравнению с классическим вариантом, а изменения в

математической обработке измерений сводятся с расчёту простой поправки.

Проверка правильности выкладок и основных аспектов работоспособности метода проводилась путём численных экспериментов. Создана сеточная модель экспериментальной установки, разработана компьютерная программа, проведены расчёты, результаты которых подтверждают теоретические разработки.

СЕКЦИЯ 7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

УДК 628.3.034.2

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БИОФИЛЬТРА В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

АЛЬХАМАДАНИ АББАС, КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, профессор КАЛАЙДА М.Л.;

канд. хим. наук, доцент ЧУГУНОВ Ю.В.

Аквакультура в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) является технологией для выращивания рыб или других водных организмов с повторным использованием воды для целей производства. Данная технология основана на применении механических и биологических фильтров и, в сущности, может использоваться для выращивания любых объектов аквакультуры.

Одним из основных факторов, ограничивающих рост рыбы в УЗВ, является наличие растворенного в воде кислорода. Растворенный кислород входит в воду различными способами. В природных системах, таких как озера и реки, кислород обеспечивается в основном за счет поглощения кислорода из воздуха. Кислород также может быть добавлен в значительных количествах растениями и водорослями в процессе фотосинтеза. Однако во время ночных часов водоросли и растения потребляют кислород. Поскольку общий вес рыбы со временем увеличивается, приводя к большему расходу кислорода, необходимо постоянное поддержание уровня последнего. Без постоянного пополнения количество растворенного в воде кислорода понижается, создавая высокую степень стресса или даже удушья рыбы.

В случае применения установок с замкнутым циклом водоснабжения УЗВ для выращивания рыбы главным процессом биологической регенерации химического состава воды является освобождение оборотной воды от основного лимитирующего компонента – соединений азота, поступающих в систему в результате жизнедеятельности выращиваемой рыбы.

Аммиак, вероятно, является наиболее важным параметром качества воды, которые необходимо контролировать в системе УЗВ. Аммиак накапливается в системе в качестве побочного продукта метаболизма рыбы. Белок, входящий в корм для рыб превращается как в мясо рыбы, так и в аммиак. В естественном водоеме, таком как пруд, с относительно небольшой плотностью посадки рыбы аммиак разбавляют водой и, в конечном счете, он потребляется водорослями и другими растениями. При более плотной посадке рыбы аммиак может частично удаляться водорослями, но при выращивании рыбы в УЗВ требуется наличие биологического фильтра для получения безопасного уровня аммиака в воде. При этом необходимо постоянно измерять рН водной среды, так как токсичность аммиака напрямую связана с этим параметром. Чем выше рН, тем более токсичное воздействие аммиака. Аммиак в воде находится в двух состояниях: в ионизированной форме (NH_4^+) и неионизированной (NH_3). Неионизованная форма аммиака является наиболее токсичной для рыб. Доля неионизованного аммиака в воде непосредственно связана с рН и температурой воды. Чем выше рН, тем выше доля токсичного NH_3 .

Анализ литературы показал важность определения эффективности работы биофильтров в зависимости от различных параметров функционирования УЗВ: скорости рециркуляции воды, концентрации растворенного кислорода, концентрации растворенного в воде аммония, условий кормления рыб, плотности посадки рыб.

В условиях функционирования лабораторной установки УЗВ изучена эффективность работы биофильтров в зависимости от температуры, скорости подачи воды, содержания в воде аммония, содержания в бассейнах органических веществ.

В качестве модели для определения эффективности работы биофильтра был использован сам биофильтр в режиме отключения подачи воды из основного бассейна с рыбой. В данном режиме измерялось изменение количества растворенного кислорода в воде биофильтра в зависимости от времени выдержки биофильтра, температуры и условий кормления рыбы. На основании полученных результатов определялось

удельное потребление биофильтром кислорода (г O₂/сутки), рассчитывалось количество оксида азота исходя из количества кислорода. Количество оксида азота давало возможность оценить количество выделенного в среду аммония, аминокислот, протеина, корма. После определения количества корма, приводящего к потреблению данного количества кислорода, можно было оценить плотность посадки рыбы в данном конкретном случае.

В результате исследований рассчитаны параметры биофильтра, найдена максимальная нагрузка лабораторной установки УЗВ в зависимости от условий эксплуатации.

УДК 639.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕПАРАТА СУРФАГОН КАК ЗАМЕНИТЕЛЯ ГИПОФИЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗРЕЛЫХ ПОЛОВЫХ ПРОДУКТОВ РЫБ

АЛЬ БАЧРИ ВАЛИД САМИ ДЖАВАД, КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р биол. наук, профессор КАЛАЙДА М.Л.

Заготовка гипофизов – трудоёмкая и дорогостоящая процедура, поэтому ведутся интенсивные поиски синтетических препаратов, заменяющих препараты гипофиза. Учитывая имеющийся недостаток гипофизов рыб, необходимо разработка методов их замены гормонами теплокровных животных и другими химическими веществами (синтетическими аналогами гормонов) (Кунин, 2009), разработка эффективного дозирования и технологии введения препаратов. Использование заменителей гипофиза применяется при использовании экологического и экологофизиологического методов управления созреванием половых клеток у рыб.

Одним из суперактивных синтетических аналогов гонадотропин-рилизинг гормонов (GnRH-a), внедряемых в последний период в широкое использование при разведении различных видов рыб, является сурфагон. В России он нашел наибольшее распространение в рыбохозяйственной практике при инъектировании осетровых рыб.

В настоящее время из-за дефицита и дороговизны ранее широко использовавшихся в рыбоводной практике гипофизарных препаратов интерес к сурфагону существенно возрос. На многих осетровых хозяйствах

использование этого препарата давно уже стало обычным делом (Гончаров и др., 1991; Чебанов и др. 2004; Тренклер, 2010).

При использовании GnRHа необходимым условием созревания самок является способность гипофиза выделять в кровь под действием препарата достаточное количество гонадотропинов (Гончаров и др., 1991). При применении GnRHа негативную роль также может сыграть секреция в кровь в ответ на введение препарата, его ингибитора – дофамина (Гончаров, 1998).

В некоторых случаях возникает необходимость комбинированного применения гипофизарных препаратов и GnRHа. В этом случае, после предварительной гипофизарной, производится разрешающая инъекция GnRHа (1,0–1,5 мкг/кг). Если GnRHа инъецировать перед гипофизарным препаратом, существует опасность, что введенный после него экзогенный гонадотропин будет «лишним», что приведет к повреждению ооцитов (Чебанов и др., 2011).

Ежегодно кампания по получению икры стерляди в Кармановском рыбхозе длится с середины декабря до апреля. При работе в декабре-январе инъецируют каждой самке при первой инъекции 15 мкг сурфагона с одной растёртой таблеткой раунатина, при второй инъекции – 15 мкг чистого сурфагона. В случае неудовлетворительных результатов в самом начале сезона число таблеток можно увеличить до полутора-двух (Подушка, 2010).

Имеются данные о том, что к концу сезона дозу сурфагона можно постепенно снизить до 10 мкг при каждой инъекции, а дозу раунатина – до 0,5 таблетки. В литературе отмечается (Подушка, 2010), что в поздние сроки можно обойтись и без применения раунатина. Однако к настоящему времени детально технология инъецирования рыб разных видов сурфагоном не отработана.

Поскольку наиболее популярным объектом выращивания в Ираке является карп, то исследования эффективности применения сурфагона при получении половых продуктов проводились на карповых рыбах в декабре в условиях мини-УЗВ на кафедре «Водные биоресурсы и аквакультура».

Использовали препарат сурфагон на карпе кои и карасе при дозах 3,6- 6,6 мл/кг для самок кои, 2,7 мл/кг для самцов кои и 3,8 мл/кг для самок карася. Использовали трех- и двух кратное инъецирование.

Получены зрелые половые продукты карася после 2-кратного инъецирования. При отмеченных морфофизиологических изменениях у карпов кои, половые продукты не достигли пятой стадии зрелости после трехкратного инъецирования при температуре 23-25 °С.

УДК 577.115

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СОСТАВА ГЕКСАНОВОЙ ФРАКЦИИ *CHLORELLA VULGARIS*

АХМЕРОВА Л.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, профессор КАЛАЙДА М.Л.;

канд. хим. наук, доцент ЧУГУНОВ Ю.В.

Одноклеточные фотосинтезирующие организмы – это древнейшие микроорганизмы на Земле, создавшие ее кислородную атмосферу и являющиеся весьма существенной частью природы. Одноклеточные фотосинтезирующие организмы являются источником разнообразных химических соединений, выделяемых в окружающую среду, в том числе биологически активных веществ.

Установлено, что, изменяя условия культивирования, можно получать биомассу фототрофных микроорганизмов с различным содержанием углеводов, белков и липидов (Цоглин, 2012; Converti, 2009). При этом необходимо обеспечить сочетание достаточно большого количества факторов, влияющих на уровень накопления биомассы клеток и ее биоорганический компонентный состав, к которым относят: выбранный штамм фототрофного микроорганизма, исходную концентрацию клеток в среде, состав среды культивирования, интенсивность освещенности, температуру процесса.

Методом ГЖХ-МС исследованы липофильные фракции крапивы двудольной, крапивы жгучей (Лапинская, Копытко, 2008), компонентный состав эфирного масла рдеста пронзеннолистного (Круглова, Курашов и др., 2016), компонентный состав эфирного масла лапчатки гусиной (Савельева, Ефимов и др., 2014), состав концентрата микроводоросли «Живая Хлорелла» (Топилин, 2016). Состав липофильной фракции хлореллы вульгарис в литературе не описан.

Хлореллу выращивали в среде Тамия, отделяли от среды путем центрифугирования, высушивали при температуре 105 °С, экстрагировали в аппарате Сокслета гексаном. Содержание жира в хлорелле определяли по уменьшению веса проэкстагированного образца. Содержание жира составило 3,5 % от сухой массы хлореллы.

Исследования гексановой фракции хлореллы проводили на хромато-масс-спектрометре Agilent 5975С с предварительным разделением смеси на капиллярной колонке SE-54. Температура хроматографа изменялась по

программе от 40 °С до 280 °С со скоростью подъема 10 °С/мин. Диапазон регистрируемых масс от 10 до 600 А.Е.М.

Соединения, входящие в состав гексановой фракции хлореллы, начинают выходить из капиллярной колонки при температуре выше 200 °С.

В составе липидной фракции обнаружены омега непредельные кислоты (3,7,11,15-тетраметил-2-гексадецен-1-ол), соединения карнозиновой кислоты, эфиры дикарбоновых кислот, производные хлорофила (метилловый эфир левопимаровой кислоты), жирные углеводороды (C27 – C32).

В экстракте обнаружено наличие ди-бутилового эфира фталевой кислоты. Данное соединение используется в производстве резинотехнических изделий в качестве пластификатора.

Идентификация соединений проводилась по стандартной библиотеке масс-спектров с использованием сборника «Пищевые липиды. Химия, питание и биотехнологии» под редакцией Казимира Акоха и Давида Мина (Casimir C. Akoh, David B. Min, 2002).

Литература

1. Цоглин Л. Н. Биотехнология микроводорослей / Цоглин Л. Н., Пронина Н. А. – Москва: Научный мир. – 2012. – 182 с.
2. Converti A., Casazza A.A., Ortiz E.Y., Perego P., Del Borghi M. Effect of temperature and nitrogen concentration on the growth and lipid content of *Nannochloropsis oculata* and *Chlorella vulgaris* for biodiesel production // Chem. Eng. Process. – 2009. – Vol. 48. – № 6. – p. 1146–1151.
3. Липинская Е.С., Копытько Я.Ф. Изучение состава липофильной фракции настоек гомеопатических матричных крапивы двудомной (*Urtica Dioica L.*) и крапивы жгучей (*Urtica Urens L.*), Химико-фармацевтический журнал, т. 42, № 12, 2008, – с. 26-29.
4. Савельева Е.Е., Ефимов А.А., Краснов Е.А., Наргучанов А.Н. Компонентный состав эфирного масла *Potentialla Anserina* // Химия растительного сырья, № 2, 2014, – с 111-114.
5. Крылова Ю.В. Компонентный состав эфирного масла *Potamogeton Perfoliatus L.* из Ладожского озера в начале периода плодоношения/ Ю.В. Крылова, Е.А. Курашов, Г.Г. Митрукова // Химия растительного сырья, – № 2, 2016, – с 79-88.

6. Заключение специалиста по результатам химических исследований №04-03/16 от 4 апреля 2016 г. ООО «Центр химических исследований», Москва, 2016.

УДК 639.3:282 К26

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИХТИОФАУНЫ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

БОГАТЫРЕВ И.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, профессор КАЛАЙДА М.Л.;

канд. биол. наук, ст. преподаватель ГОРДЕЕВА М.Э.

Куйбышевское водохранилище – это одно из крупнейших искусственных водохранилищных водоемов в Европе и во всем мире. Куйбышевское водохранилище было образовано в 1955 году в результате перекрытия р. Волги гидротехническими сооружениями Куйбышевского гидроузла в районе Жигулевских гор, однако окончательное его заполнение до нормального подпорного уровня (53,00 м) произошло в 1957 году. Водоохранилище имеет большое количество притоков, в том числе такие крупные, как Кама, Вятка, Большой Черешман, Уса, Свяга. Площадь водного зеркала в настоящее время составляет 6,15 тыс.км² из которых 50,7 % (3,12 тыс.км²) приходится на Республику Татарстан. Целью данного исследования является анализ изменений состояния ихтиофауны Куйбышевского водохранилища в пределах Республики Татарстан с момента его образования и оценка его современного состояния.

Первые достоверные сведения о состоянии ихтиофауны р. Волги приводятся в работах академика П.С. Палласа (1768-1769), в которых говорится об 1 виде многообразных и 21 виде рыб. Позднее, в начале XX столетия, список видов, населяющих Волгу (в пределах Куйбышевского водохранилища), значительно расширился. В 1951 году общее число видов достигает 45. К 2007 году число видов увеличивается до 46, однако происходят значительные изменения: исчезают семейства миноговые (*Petromyzontidae*), хариусовые (*Thymallidae*), лососевые (*Salmonidae*), однако появляются виды из семейств корюшковые (*Osmeridae*), чукучановые (*Catostomidae*), игловые (*Syngnathidae*), головешки (*Perccottus*), бычковые (*Gobiidae*). С момента образования Куйбышевского

водохранилища в нем активно проводились работы по акклиматизации таких видов, как: пелядь (*Coregonus peled*), белый амур (*Stenopharyngodon idella*), белый толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*), пестрый толстолобик (*Aristichthys nobilis*), малоротый буффало (*Ictiobus bubalus*), большеротый буффало (*Ictiobus cyprinellus*), черный буффало (*Ictiobus niger*).

В настоящее время ихтиофауну Куйбышевского водохранилища составляют около 57 видов рыб, из которых некоторые встречаются единично, некоторые редко. Особую группу рыб составляют виды, занесенные в Красную Книгу – это русский осетр, белуга, таймень, хариус и др. С недавнего времени в Красную Книгу РТ внесена также стерлядь. К промышленным объектам рыболовства относятся: лещ, плотва, густера, синец, чехонь, судак, щука, жерех, сом, сазан, язь, налим, берш, окунь, карась, белоглазка, укляя, тюлька. Наиболее существенная роль в промысле из перечисленных видов принадлежит лещу, судаку, щуке, плотве, густере, синцу. На современное состояние рыбного стада Куйбышевского водохранилища оказывают влияние как биотические, так и абиотические факторы воздействия. В отдельную группу в настоящее время принято выделять антропогенное воздействие, которое оказывает на водоем как негативное (сбросы сточных вод от промышленных предприятий, разработка месторождений нерудных строительных материалов и т.д.), так и позитивное (работы по искусственному воспроизводству, рыбохозяйственная мелиорация и т.д.).

В целом, состояние воспроизводственного стада рыб Куйбышевского водохранилища (в пределах РТ) в настоящее время можно рассматривать как удовлетворительно-стабильное, что характеризуется отсутствием резких «провалов» и «скачков» в промышленной добыче, и подтверждается некоторым увеличением промышленных уловов и, что наиболее характерно, сохранением величин общего допустимого улова и возможного улова на стабильном уровне.

Литература

1. Берг Л.С. Рыболовство в бассейне Волги выше Саратова // Рыболовство в IV смотрительском районе. Отчет. Вып. 7. СПб.: Тип. В.Т. Киршбаума, 1906. – 85 с.
2. Боровкова Т.Н. Куйбышевское водохранилище / Т.Н. Боровкова, П.И. Никулин, В.М. Широков // Куйбышев: кн. изд-во, 1962. – 89 с.

3. Гордеева М.Э. Сравнительный анализ химико-биологических показателей молоди рыб разных участков Волжского отрога Куйбышевского водохранилища в условиях антропогенного воздействия/ М.Э. Гордеева, А.А. Лапин, А.Ю. Карусева – Бутлеровские сообщения.– 2015. – Т.41, № 3 – с .131.

4. Паллас П.С. Путешествие по разным провинциям Российской империи. СПб., 1809. Ч. 1. 665 с. + Прибавление. Краткое описание по животным и растениям, изысканным в 1768 и 1769 годах. – 116 с.

5. Шакирова Ф.М. Современное состояние ихтиофауны Куйбышевского водохранилища и факторы, влияющие на её изменения// Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера (материалы XXVIII международной конференции). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. – С. 622-625

УДК 628.1

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВОДОЗАБОРА «ВОЛЖСКИЙ»

ГАБДРАХМАНОВА Г.Н., КНИТУ-КАИ, г. Казань
Науч. рук. д-р хим. наук, профессор ТУНАКОВА Ю.А.

Как известно, население России, и в частности проживающее на территории г. Казани, обеспечивается питьевой водой неудовлетворительного качества. Это подтверждают Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды» Российской Федерации и Республики Татарстан за последние годы. Мониторинг вод осуществляется: в поверхностном водисточнике – река Волга, на водозаборе – в частности, после водоподготовки, и в домах и квартирах, но объем получаемых мониторинговых данных крайне недостаточный. К тому же не производится комплексная оценка мониторинговых показателей с различной степенью вклада в качество питьевых вод (включающие не только концентрации веществ, поступающих от водисточника и в результате прохождения по водоразводящим путям, но и риск здоровью населения, вероятность поступления в конкретную зону и др.).

Для увеличения объема мониторинговых данных нами проведено масштабное исследование катионно-анионных составов питьевых вод в конечной точке потребления на территории г. Казани и установлено, что

население г. Казани обеспечивается питьевой водой неудовлетворительного качества по степени химической безопасности и физиологической полноценности, что подробно описано нами в более ранних работах [1-3]. На основании оценки уровня приемлемого риска содержания катионов металлов в питьевой воде в домах и квартирах на территории г. Казани определялось допустимое содержание катионов риска в воде в зоне водозабора «Волжский». С целью определения допустимых концентраций исследуемых катионов металлов в воде в зоне водозабора «Волжский» исходя из приемлемого их содержания в конечной точке потребления, были построены прямые модели, отражающие поступление катионов металлов в питьевую воду из поверхностного источника водоснабжения. Входными данными для построения моделей являлись результаты определения содержания катионов металлов в 12 точках в зоне водозабора «Волжский».

Для решения обратных задач были сформулированы и решены 5 одномерных оптимизационных задач – для каждого катиона металла. Решение искалось методом равномерного поиска из заданной начальной точки, соответствующей минимальному измеренному значению концентрации металла в воде водозабора. Унимодальность регрессионной функции Больцмана гарантирует, что данным методом будет найден глобальный минимум на поисковом отрезке.

Для хрома содержание его растворимой фазы в воде Волжского водозабора не должно превышать 0,0051 мг/л. В этом случае канцерогенный риск для населения не превысит значения 0,00001, что является верхней приемлемой границей риска, согласно рекомендациям ВОЗ.

Для свинца не удалось получить приемлемого значения концентрации в поверхностной воде в зоне водозабора, что вызвано значительным загрязнением водопроводной воды свинцом во время прохождения воды по водоразводящим сетям.

Для железа, меди и цинка максимально допустимая концентрация данных металлов в воде водозабора не должна превышать соответственно: 0,31 мг/л (железо), 0,0745 мг/л (медь) и 0,019 мг/л (цинк). В этом случае можно гарантировать, что в водопроводной воде квартир г. Казани концентрация рассматриваемых металлов не превысит установленного допустимого уровня в 0,087 мг/л для железа, 0,002 мг/л для меди и 0,019 мг/л для цинка.

Литература

1. Тунакова Ю.А. Хроматографический анализ с использованием полидивинилбензола на содержание анионов в питьевой воде / Ю.А.Тунакова, О.Г. Чудакова, А.Р. Галимова., Г.Н. Габдрахманова// Вестник Казанского технологического университета. – 2013, Т. 16, № 1. – С. 54-56.

2. Тунакова Ю.А. Расчет вероятности поступления металлов в организм с потребляемой питьевой водой/ Ю.А. Тунакова, Р.И. Файзуллин, В.С. Валиев// Гигиена и санитария. – 2015. – № 5 (5-15), – С. 62- 65.

3. Тунакова Ю.А. Кластерный анализ данных для интегральной характеристики безопасности питьевых вод для потребителей на территории г. Казани / Ю.А. Тунакова, С.В. Новикова, Г.Н. Габдрахманова, О.Н. Кузнецова. Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 19. – С. 164-167.

УДК 639.3

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ В ОБЛАСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ

ГУБАРЕВ Е.С., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент ЧУГУНОВ Ю.В.

Облов рыбы в условиях прудовых хозяйств является одной из трудоемких операций, которая чаще всего выполняется в основном вручную. Лов рыбы ведется весной (облов зимовалов), летом (контрольный и селективный лов), осенью (нагульных прудов), зимой (облов рыбохозяйственных водоемов).

В нынешней сложной экологической обстановке воспроизводство и производство товарной рыбы зависят от знания и соблюдения требований на всех этапах выращивания. Одной из важных задач при эксплуатации рыбоводных хозяйств является создание благоприятных условий для выращивания и сохранения рыбы на всех стадиях развития. Вылов рыбы из прудов – важный завершающий этап рыбоводной работы, определяющий ее итог. Облов прудов требует больших затрат труда, а также четкой координации и планирования, так как этот процесс связан с определенными сроками и должен проводиться максимально коротко.

Лов рыбы в прудовых системах включает в себя: концентрацию, сортировку, взвешивание, многократную перевалку, транспортировку. Основным технологическим требованием к оборудованию для облова является его безопасность для рыбы и человека, так как в ходе выращивания одна и та же особь отлавливается несколько раз и после каждого облова требуется вновь ее выпускать для дальнейшего выращивания.

Рыбоуловители для вылова рыбы из выростных и нагульных прудов делают обычно стационарными.

В ряде случаев при вылове рыбы из водоема используются сортировальные машины.

Губаревское фермерское хозяйство специализируется на выращивании товарного карпа, разведении посадочного материала с последующей реализацией. На водоеме осуществляется спортивная рыбалка.

Расчет водосборной площади водоема позволил сделать вывод о возможности полного сброса водоема в осенний период для проведения мелиоративных мероприятий для борьбы с излишним зарастанием водоема, удаления иловых отложений, внесения удобрений. Однако данное мероприятие возможно лишь при рациональном использовании рыбных запасов водоема.

Проведенный патентный поиск [1-3] позволил предложить ряд технических решений при проектировании рыбоуловителя.

На Губаревском водоеме решается вопрос об установке комбинированной системы рыбоуловитель – сортировальная машина для сортировки сеголетка карпа и товарного карпа. При осенней сортировке сеголетка карпа возможно отсортировать карпа весом 15 и 50 грамм для дальнейшей продажи в хозяйства, использующие бассейновый тип выращивания рыбы.

Сортировальные машины используют 3-4 сортировочные щели, при этом рыба не скапливается, легко и быстро проходит весь путь, непрерывно орошаясь водой от специальной помпы. Сортировочные щели имеют плавную регулировку, что позволяет настраивать их на сортировку рыбы разного размера. Таким образом, даже очень мелкая рыба не травмируется и не попадет к рыбе большего размера. Детали сортировальных машин выполнены из высококачественных материалов с хорошей обработкой поверхности.

Наиболее приемлемым вариантом (с экономической точки зрения) является использование ручных устройств для сортировки живой рыбы FSM-2S и FSM-3S.

Проведен временной расчет работы рыбоуловителя в условиях эксплуатации Губаревского фермерского хозяйства, обоснована эффективность использования предлагаемого оборудования.

Литература

1. Рыбоуловитель: Авторское свидетельство СССР 749972: М.Кл. Е 02 В 8/08 / Неведомская М.В., Юдин В.К., Гайлитис И.Ю.; заявитель и патентообладатель ВНИИ по применению полимерных материалов в мелиорации и в водном хозяйстве № 2638267/29-15; опубл. 28.07.80, Бюл. № 27.

2. Способ вылова рыбы из рыбоводных водоемов: Авторское свидетельство СССР 443655: М.Кл. А 01 к 61/00 / Огурцов Г.И., Стояновский И.И.; заявитель и патентообладатель ВНИИ прудового рыбного хозяйства № 1776001/28-13; опубл. 18.09.75, Бюл. №35.

3. Устройство для лова рыбы в рыбоводном водоеме: Авторское свидетельство СССР 1637727: М.Кл. А 091 К 61/00 / Марколия А.И., Сизов И.И., Солуха Б.В. и др.; опубл. 30.03.91, Бюл. №12.

УДК 639.3

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СОДЕРЖАНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

ДЕМЕНТЬЕВ Д.С., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук. профессор КАЛАЙДА М.Л.

Основными экономическими условиями производства в индустриальном рыбоводстве являются высокая плотность посадки рыб и высокий выход рыбопродукции. При этом увеличивать плотность посадки можно лишь до определенного предела, зависящего от биологии вида и качества водной среды.

Интенсивность белкового, углеводного и жирового обмена у рыб определяется в первую очередь температурой воды, поэтому возможность регулирования температуры воды является одним из важнейших условий эффективной работы рыбного хозяйства индустриального типа, тем более,

что зачастую, на разных стадиях развития рыбы (инкубация икры, выдерживание личинок, выращивание товарной рыбы) температурные оптимумы разнятся.

От температуры воды зависит еще и процент насыщения воды кислородом – это еще один значимый фактор, влияющий на темпы роста и выживаемость товарной рыбы. Лососевые, в частности, радужная форель, являются наиболее оксифильными рыбами.

Для выращивания радужной форели требуются относительно холодные воды с малым содержанием взвешенных веществ – до 10 мг/дм³. Температурным оптимумом ее содержания является 15–18 °С, но крайние пределы значительно шире – от 0 °С до 23–27 °С, а кратковременно – до 30 °С. При температуре воды ниже 4–5 °С и выше 20 °С интенсивность питания форели резко снижается. Однако в зимнее время форель активно питается и при температуре воды ниже 4–5 °С. Использование разных пород форели может расширить спектр пригодных для ее содержания условий. Оптимальная температура для питания и роста рыб является оптимальной и для общего обмена, связанного с рациональным использованием питательных веществ комбикорма. По мере повышения температуры воды ускоряется усвоение пищи. Например, при оптимальной температуре 16 °С переваривание пищи радужной форелью продолжается около суток, в то время как при 20 °С это время сокращается до 18 ч, а при температуре 4 °С растягивается на 140 ч.

Радужная форель требовательна к содержанию в воде кислорода. Оптимальной концентрацией кислорода является 9–11 мг/л (90–100 % насыщения). Допустимо снижение кислорода до 7 мг/л. При дальнейшем снижении концентрации кислорода снижаются аппетит рыб и они перестают расти. Погибает форель при снижении кислорода в воде до 1,5–2,5 мг/л. Волжская вода в летний период становится не пригодной для использования в форелевых хозяйствах без водоподготовки.

Пороговая концентрация кислорода с возрастом рыб понижается. Например, свободные эмбрионы стальноголового лосося и радужной форели погибают при содержании кислорода 2,2...2,7 мг/л, годовики – 2,0...2,4 мг/л, двухлетки – 1,5...2,0 мг/л.

Потребность форели в кислороде связана с содержанием в воде углекислоты. При оптимальном уровне кислорода в рыбоводных прудах допустимо содержание свободной углекислоты до 10 мг/л. При возрастании ее концентрации наблюдаются ухудшения в обмене веществ и росте рыб, а при 30 мг/л отмечаются признаки кислородного голодания, удушья.

В условиях индустриального рыбоводства избыточная концентрация углекислоты уменьшает способность крови связывать кислород и передавать его тканям, поэтому содержание углекислоты необходимо контролировать.

Концентрация свободной углекислоты связана с рН среды. Реакция рыбы на рН среды зависит от ее возраста и температуры среды. Например, свободные эмбрионы и личинки лососей острее реагируют на понижение рН, чем мальки. Устойчивость молоди к рН находится в обратной зависимости от температуры воды.

Оптимальная величина рН для форели – 6,5–7,7. Пределы толерантности форели по рН составляют 4,5–9,5. Максимально допустимая величина концентрации аммиачного азота, образующегося в процессе нитрификации, – 0,5 г/м³.

Имеются данные, что радужная форель чувствительна к примесям и токсичным веществам (медь, цинк, хлор, сероводород); к органическим веществам в воде форель тоже чувствительна: БПК воды, где содержится форель, не должна превышать нескольких мг/л.

Форелевое рыбоводное хозяйство индустриального типа должно быть оснащено специальными приборами для мониторинга основных показателей среды обитания – термометр, оксиметр и рН-метр. Показатели должны отслеживаться круглосуточно, так как в условиях высоких плотностей посадки любое отклонение от нормы может в кратчайшие сроки привести к массовой гибели рыб, что повлечет за собой существенные финансовые потери.

УДК 539.3

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

ЗАНОЗЕЕВ Р.В., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, профессор КАЛАЙДА М.Л.

Математическая модель – это приближенное описание какого-либо класса явлений внешнего мира, выраженного с помощью математической символики (А.Н. Тихонов). Начало математическому моделированию водных экосистем было положено в первой половине XX века и на сегодняшний день их общее количество превышает четыре тысячи. В настоящее время различают три класса моделей: описательные,

качественные, имитационные. Их задача заключается в решении возникающих и актуальных биологических и важных социальных проблем, связанных как с задачами продукционной биологии, так и задачами санитарной очистки водоемов.

Первые математические модели носили описательный характер и накапливали данные по общелимнологическим, гидрохимическим характеристикам, флоре и фауне водоемов. В 60-70-е гг. XX века математическое моделирование водных экосистем становится самостоятельным научным направлением.

Большая часть математических моделей водных экосистем посвящена моделированию биотической составляющей системы. Примером их являются модели первичной продукции и роста микроводорослей, зоопланктонных сообществ и т.д. В настоящее время максимума своего развития достигают модели водных экосистем в рыбопромысловой отрасли, начало которым было положено в 1917 году Ф.И. Барановым (впервые в отечественной практике Ф.И. Баранов решил проблему оптимизации систематического лова рыбы) и в основе которых лежит сложный математический аппарат. Такие модели используются для решения задач управления.

Моделирование абиотических факторов среды началось с описания распределения температуры или кислорода или других абиотических факторов с глубиной водоема. В 70-х годах XX столетия на первый план выходят модели воздействия промышленности на водные объекты. Это связано с быстрым ростом числа тепловых и атомных электростанций во всем мире. До настоящего времени актуальность данного направления не теряется. Постепенно в данной модели вводился более сложный математический аппарат, что привело к имитационному моделированию сложных систем, включающих как биотическую, так и абиотическую компоненту. Облегчает создание математических моделей развития техники и технологий, в том числе возможность использования данных дистанционного зондирования. К примеру, доступные данные дистанционного зондирования дают возможность оценить концентрацию хлорофилла в поверхностных слоях и на основе статистических методов оценить пространственную его концентрацию.

Таким образом, создание и анализ данных с помощью математических моделей водных экосистем остается одной из важных и актуальных задач для решения биологических проблем, в том числе проблем в области водных биоресурсов и аквакультуры, что

подтверждается долгосрочными целевыми программами в области рыбного хозяйства.

Литература

1. Абакумов А.И. Математическое моделирование водных экосистем: история, проблемы, перспективы. – Владивосток: Издательство Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН, 1987. – 33с.

2. Баранов Ф.И. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства // Изв. отдела рыбоводства и научно-промысл. исслед. Петроград, Т.1, вып.1, 1918. – С.1-48.

3. Биологический режим водоемов-охладителей ТЭЦ и влияние температуры на гидробионтов / Сост. Винберг Г.Г. – М.: Издательство «Наука», 1977. – 256 с.

4. Калайда М.Л. История развития математического моделирования водных экосистем / М.Л. Калайда, М.Э. Галева // Бутлеровские чтения. – 2010. – Т.22, № 12. – С. 54-60.

5. Калайда М.Л. История и перспективы развития рыбного хозяйства Татарстана. – Казань: Изд-во «Матбугат йорты», 2001 г. – 96 с.

6. Ризниченко Г.Ю. Информационная система «Динамические модели в биологии», МГУ, кафедра биофизики [Электронный ресурс]. – URL: www.dmb.biophys.msu.ru/registry?article=98

7. Wiley. OnLine Library. International Review of hydrobiology. Article: Mathematical models of plankton production, Dr. B.C. Patten, 8 Jan 2007 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/iroh.19680530302/abstract>

УДК 621.56

МОДЕРНИЗАЦИЯ РЫБОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ – ВАЖНАЯ ПРИРОДООХРАННАЯ ЗАДАЧА

САЕТОВ А.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, профессор КАЛАЙДА М.Л.

Любое водозаборное сооружение, как головной технологический элемент системы водоснабжения, должно бесперебойно отбирать воду, функционируя одновременно как рыбозащитный объект. Данное требование утверждено в законодательстве Российской Федерации – Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей

среды»: ст. 35. п. 1. Требования в области охраны окружающей среды при размещении зданий, сооружений, сооружений и иных объектов.

Рыбозащитные устройства (далее – РЗУ) являются составной, порой достаточно сложной, частью водозаборных сооружений и оказывают влияние на условия его проектирования и эксплуатации. Согласно требований российского законодательства эффективность предотвращения попадания рыб и других водных биологических ресурсов в водозаборные сооружения должна составлять не менее 70 %. Современные эффективные конструкции РЗУ, в отличие от старых, в полной мере отвечают этим требованиям. Наряду с высокими исходными рыбозащитными характеристиками РЗУ должны также обладать надежностью, позволяющей сохранять свои функции в течение всего периода эксплуатации и соответствовать требованиям надежности водозаборного узла.

Основной причиной попадания в водозаборные сооружения является пассивный снос ее потоком воды. Попадание рыб в водозаборные сооружения связано с одной стороны с физической невозможностью сопротивляться течению, а с другой стороны, отсутствием условий для ориентации рыб в потоке, в первую очередь, с отсутствием условий для зрительной ориентации. В связи с этими физиологическими особенностями различают три основных принципа предотвращения попадания молоди рыб в водозаборные сооружения с использованием РЗУ: экологический, поведенческий и физический. На основании этих принципов разработаны способы защиты, определяющие характер воздействия на объект защиты.

Наиболее распространенными на водозаборах сейчас являются морально-устаревшие сетчатые РЗУ. На их долю приходится более 60 % всех рыбозащитных устройств. Однако в последнее время всё большее распространение получают более современные РЗУ. Принцип работы этих устройств основан на самых различных методах работы. К примеру, устройство электрических заградителей основано на раздражающем действии электрического тока на организм рыбы. На пути рыбы создают электрическое поле соответствующего напряжения, попадая в которое рыба чувствует раздражение и стремится выйти за его пределы.

Другим современным типом рыбозащитных сооружений являются конструкции воздушно-пузырькового типа (так называемая водовоздушная завеса). Данное РЗУ работает по принципу восходящей водовоздушной завесы, сформированной системой придонных модулей РЗУ с аэрирующими соплами. Принцип работы данного типа сооружений

состоит в подаче насосами воды на модули РЗУ с одновременным забором воздуха по отдельному трубопроводу-воздуховоду. В результате на выбранном участке водоёма от дна до поверхности воды образуется рыбозащитный фронт, не позволяющий рыбе попадать в водоприёмные устройства. В данном случае на рыб оказывается комбинированное акустико-механическое воздействие.

Именно РЗУ на основе водовоздушной завесы являются объектом нашего исследования в рамках магистерской диссертации «Современные задачи развития рыбозащитных сооружений».

Для снижения попадания рыб в водозаборные сооружения на береговой насосной станции № 1 Заинская ГРЭС установила в 2015 году РЗУ типа «водовоздушная завеса», основанное на реакции избегания рыбами низкочастотных колебаний и интенсивных восходящих водовоздушных струй. Показатель рыбозащитной эффективности (Кэф) РЗУ за период исследования по сезонам в 2016 году в среднем составил 72,4 %, что соответствует нормативным показателям.

Сравнительный анализ эффективности РЗУ разного типа позволяет предложить пути модернизации РЗУ в регионе Поволжья.

Литература

1. Беспалов А.Г. Гидротехнические сооружения / А.Г. Беспалов, А.Л. Сальников, О.Н. Беспалова и др. – М.: КНОРУС, 2016 – 94 с.
2. Кавешников Н.Т. Эксплуатация и ремонт гидротехнических сооружений. – М.: Агропромиздат, 1989. – 272 с.
3. Кузовлёв Г.М. О проектировании водохранилищных и морских водозаборов // Водоснабжение и санитарная техника. – 1966. – № 1. – С. 18-23.
4. Кузьмин Ю.И. Методические рекомендации по проектированию рыбозащитных устройств водозаборных сооружений. Л.: ГосНИОРХ. – 1972. – 56 с.
5. Малеванчик Б.С., Никоноров И.В. Рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1984. – 256 с.
6. Мантейфель Б.П. Биологические основы устройства рыбозащитных и рыбопропускных сооружений / Б.П. Мантейфель, Д.С. Павлов, А.М. Пахоруков // Биологические основы применения рыбозащитных и рыбопропускных сооружений. – М.: Наука, 1978. – 178 с.

7. Мотинов А.М., Колесникова Т.В. Рыбопропускные сооружения и рыбозащитные устройства /В. кн. Гидротехнические сооружения. Под общ. ред. В.П. Недриги. М.: Стройиздат, 1983. – 543 с.
8. Михеев П.А. Рыбозащитные сооружения и устройства. М., 2000. – 405 с.
9. Строительные нормы и правила: Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения: СНИП 2.06.07-87. М.: Стройиздат, 1987. – 35 с.
10. Стуране Р.Я., Юдин В.К. Конструкции рыбозащитных устройств фильтрующего типа с воздушной продувкой. //Экспресс информация. Мелиоративное и водное хозяйство. Серия 5. Водохоз. Ср - во. Вып. 11. ЦБНТИ Минводхоза СССР, – М., 1988. – С.2-6.
11. Экспресс-методика по определению функциональной эффективности рыбозащитных сооружений на водозаборах / А.А. Эрслер (ЦУРЭН), Н.Г. Шерамет (МИК), под общей редакцией А.И. Лупандина (ИПЭЭРАИ). – М.: ВНИЭРХ, 2002. – 43 с.

УДК 639.3

РЫБНЫЕ ХОЗЯЙСТВА НА СБРОСНЫХ ВОДАХ

ФАХРЕТДИНОВА А.Р., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент ЛАПИН А.А.

Использование сбросных водоемов в рыбохозяйственных целях позволяет увеличить количество ценного продукта питания – рыбы. Эти рыбоводные хозяйства не зависят от природно-климатических условий и вегетационный период может длиться круглый год. В них хорошо растут карп, форель, растительоядные рыбы, канальный сом, тилапия, буффало и др. Выращивание этих рыб в садках, размещенных в озерах и водохранилищах, созданных на базе сбросных вод энергетических объектов позволяет организовывать садковые рыбоводные хозяйства. При этом в отличие от прудовых, отсутствует необходимость отчуждения значительных земельных угодий, однако они, при наличии сильных штормовых ветров, могут нуждаться в дополнительной установке волногасящих сооружений [1].

В настоящее время существуют несколько типов рыбоводных хозяйств на теплых водах: весь цикл выращивания проходит в водоемах-охладителях; прудовое рыбоводство, использующее для водоснабжения

теплые воды ТЭС и АЭС; промышленное рыбоводство садкового и бассейнового типов; комплексные хозяйства, в которых только отдельные биотехнические процессы проходят с использованием теплых вод.

Например, в Белоруссии уже действуют два новых полносистемных садковых товарных рыбоводных хозяйства промышленного типа (Белоозерское и Новолукомльское), построенных на базе теплых вод Березовской и Лукомльской ГРЭС. Они имеют в своем составе инкубационные цехи с подводом теплой воды, оснащены современным технологическим и лабораторным оборудованием. Производственная база позволяет хозяйствам получать в заводских условиях раннюю молодь рыб и выращивать ее до товарных кондиций в более благоприятных температурных условиях в отличие от обычных прудовых хозяйств. Перед рыбоводами республики стоит задача быстрее вывести эти хозяйства на проектную мощность. В настоящее время организовано немало рыбоводных хозяйств, использующих отработанные теплые воды энергетических объектов и промышленных предприятий. Многие производственные процессы в них механизированы и автоматизированы, при этом темпы роста рыбы намного выше, чем в обычных прудовых хозяйствах. Концентрация рыбы на единицу площади водоема, а также производство ее на одного работника достигают высоких показателей. Перспективным является использование водоемов-охладителей для нагула растительных рыб в летний период и форели – в зимний. Создание садковых хозяйств не требует больших капиталовложений, материальных и трудовых ресурсов. Они наиболее просты по изготовлению, монтажу и эксплуатации и в то же время быстро дают экономический эффект [2].

При оптимальной температуре воды в течение всего года можно многократно выращивать товарную рыбу на собственном посадочном материале. На перспективу должно планироваться строительство рыбхозов нового типа с рыбопродуктивностью 50 ц/га и более, основанных, как и в животноводстве, на принципе «стойлового» выращивания рыбы. Такой метод заключается в усиленном и многократном кормлении рыб специальными смесями со стимуляторами роста на небольших площадях с высокими плотностями посадки при обеспечении необходимого гидрохимического и других режимов для нормальной жизнедеятельности рыб. Для улучшения гидрохимического режима рыбы расстояние между дном водоема и дном садков должно быть не менее 1 м. При строительстве садковых комплексов и баз рекомендуется использовать конструкции из труб. Теплые воды, сбрасываемые в водоемы-охладители тепловыми электростанциями и другими природными источниками, сами по себе

являются стимуляторами роста для тепловодных рыб и особенно карпа, амура и толстолобика. Те же самые площади в зимнее время при понижении температуры воды в садках могут быть использованы для выращивания форели [2].

Наша страна располагает огромными ресурсами теплых вод, как технических (охладители ГРЭС), так и природных, которые могут стать надежной базой для быстрого и эффективного развития прудового рыбоводства. Для увеличения рентабельности таких хозяйств можно применять высокую плотность посадки и интенсивный водообмен, но при этом почти исключается возможность выращивания рыбы на естественной кормовой базе, что требует увеличения затрат на качественные и полноценные комбикорма.

Литература

1. Федоров Е.В. Убыськин А.В. Опыт рентабельного выращивания товарной продукции карпа и белого толстолобика в садках. Изв. Нац. АН Республики Казахстан. – №2. – 2014. – С. 118-122.

2. Рыбоводство на теплых водах. [Электронный ресурс] - URL: <http://fermer02.ru/ribovodstvo/karp/1895-rybovodstvo-na-teplyx-vodax.htm> (дата обращения 3.03.2017).

УДК 574.4/5

НАСЕКОМЫЕ В СОСТАВЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ВТОРИЧНОГО ОТСТОЙНИКА ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА

ХАМИТОВА М.Ф., АШРАФЗЯНОВА А.А., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, профессор КАЛАЙДА М.Л.

Сточные воды ОАО «МЦБК» проходят доочистку в отстойниках и сбрасываются в русловую часть р. Волга в 2 км от левого берега.

Отбор проб зообентоса во вторичном отстойнике ОАО «МЦБК» проводился в августе и сентябре 2013г. с 7 станций и июле, августе и сентябре 2014 г. с 5 станций: ст.3,4,12 – точка сброса сточных вод из первичного во вторичный отстойник; ст. 5 – мелководный участок вторичного отстойника; ст. 6 – глубоководный участок вторичного отстойника; ст. 7 – залив внутри вторичного отстойника.

Во вторичном отстойнике комбината и сбросном канале, впадающем в Куйбышевское водохранилище, за период исследований встречалось 40 видов и форм зообентоса. Наибольшее число видов отмечалось в сбросном канале (до 15 видов в 2014 г) и в заливе вторичного отстойника (11 видов в 2014 г.). На остальных станциях вторичного отстойника число видов и форм в разные годы варьировало от 1 до 7.

Основу видового разнообразия на всех исследованных станциях составляли разнообразные насекомые и их личинки, преимущественно вторичноводные и дышащие атмосферным воздухом. Из них преобладали разнообразные личинки двухкрылых насекомых. Причем, на станциях с лучшими физико-химическими характеристиками среды, в заливе и сбросном канале, они были представлены преимущественно личинками хирономид, на станциях у водоподачи сточных вод и далее по их течению – личинками мух, слепней, кровососущих комаров, способных к дыханию атмосферным воздухом.

К наиболее часто встречающимся на исследованном участке видам и формам можно отнести *Culex* sp., *Eristalis* sp., *Chironomus* гр. *plumosus* (Linne, 1758), *Glyptotendipes* гр. *gripekoveni* (Kieffer, 1913). Интересно отметить что в 2014 г. на станции у водоподачи во вторичной отстойник, встречались не характерные для данного участка виды – *Hypania invalida* (Grube, 1860), *Uncinaiis uncinata* (Oersted, 1842), *D. polymorpha* (Pallas, 1771).

Наибольшая численность зообентоса отмечалась в сбросном канале (до 1340 экз/м² в 2013 г). На станциях внутри вторичного отстойника численность зообентоса варьировала от 20 экз/м² (ст. 3, 6) до 420 экз/м² (ст.7).

На всех станциях внутри вторичного отстойника, за исключением залива, основу численности составляли личинки *Culex* sp., на них приходилось от 50 % до 100 % численности зообентоса. В заливе вторичного отстойника наибольший вклад в численность зообентоса вносили личинки *C.* гр. *plumosus* и *Culex* sp., причем численность последних возрастала при снижении числа личинок хирономид. В сбросном канале вторичного отстойника наблюдалась аналогичная картина, здесь личинки хирономид преобладали в большей степени, основным представителем были *G.* гр. *gripekoveni* (от 77 % до 100 % численности зообентоса в 2013 г.).

Наибольшая биомасса зообентоса отмечалась на ст. 7 в 2013 г. (51,02г/м²) и на ст.8 в 2014 г. (64,5 г/м²) за счет присутствия моллюсков.

На остальных станциях вторичного отстойника биомасса зообентоса не превышала $1,76 \text{ г/м}^2$ (ст.3).

По индексам плотности, рассчитанным по среднесезонной биомассе зообентоса, на участке в районе водоподачи сточных вод во вторичный отстойник в 2014 г. доминировали личинки мух *Eristalis* sp. с индексом плотности 4,62, в 2013 г. на этой станции встречались только личинки *Culex* sp., с индексом плотности 3,46. В мелководной зоне вторичного отстойника в 2013 г. преобладали личинки гнильцов – *Scatopsidae* sp., с индексом плотности 2,45, в 2014 – личинки *Culex* sp., с индексом плотности 3,51. На глубоководной станции в 2013 г. встречались только личинки *Culex* sp., с индексом плотности 0,81, в 2014 г. организмы зообентоса встречались на станции единично, наибольшая биомасса отмечалась у личинок плоскуна *Dytiscus* sp., их индекс плотности составлял 1,27.

В заливе вторичного отстойника в 2013 г. доминировали моллюски *Viviparus contectus* (Millet, 1813), с индексом плотности 23,57, из мягкого зообентоса наибольшей плотностью обладали личинки хирономид *C. гр. plumosus*, с индексом плотности – 4,27. В 2014 г. в заливе доминировали личинки хирономид *C. гр. plumosus*, с индексом плотности – 6,02.

В сбросном канале из вторичного отстойника по материалам 2011 г. доминировали моллюски *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897), с индексом плотности 4,81, из мягкого зообентоса преобладали личинки жуков *Acilius* (Leach, 1817), комаров *Culex* sp. и мух *Eristalis* sp., с индексами плотности 1,33, 1,30 и 1,30 соответственно. В 2013г. в сбросном канале доминировали личинки хирономид *G.гр. gripekoveni*, с индексом плотности 10,39, в 2014 г. – личинки *Culex* sp. и *C. гр. plumosus*, с индексами плотности 3,35 и 3,12 соответственно.

УДК 574.4/5

ЗООБЕНТОС Р.КАЗАНКИ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

ХАМИТОВА М.Ф., ИСМАГИЛОВ Ф.А., КГЭУ, г. Казань
Науч. рук. д-р биол. наук, профессор КАЛАЙДА М.Л.

Исследование зообентоса проводилось на участке р. Казанка у садового товарищества «Казанка-2» пос. Дербышки г. Казань, в период с начала августа до середины сентября 2013 г. В начале августа у береговой полосы реки были размещены органические отходы растительного происхождения, длина занимаемой свалкой береговой полосы составляла 5 м, а ширина – 1,5 м. Пробы зообентоса отбирались с 3 станций: ст. 1 – у берега в зоне расположения отходов, с малой проточностью; ст. 2 – береговая зона на 10 м ниже по течению с большей проточностью; ст. 3 – береговая зона на 20 м ниже по течению, в зоне защищенного побережья с низкой проточностью.

В составе зообентоса р. Казанки в районе исследования были встречены 61 вид и форма зообентонтов: 10 – моллюсков, 15 – олигохет, 19 – личинок хирономид, 3 – пиявок, 3 – поденок, 3 – жуков и по одному виду – нематоды, водяные ослики, гребляки, личинки вислоккрылок, слепней, мошек, кровососущих комаров и ручейников.

Наибольшее число видов и форм отмечено на ст. 2 – 39 видов и форм, по числу видов здесь преобладали личинки хирономид – 18 видов и форм. На станциях с меньшей проточностью, у источника загрязнения (ст. 1) и в зоне защищенного побережья ниже по течению (ст. 3), число видов и форм составляло 36 и 32 соответственно, наибольшее число видов приходилось на олигохет – 12 и 11 соответственно.

Чаще всего на участке встречались моллюски *Valvata depressa* (C.Pfeiffer, 1828), олигохеты *Pristina bilobata* (Bretschler, 1903), *Isochaetides michaelseni* (Lastockin, 1936) и *Limnodrilus hoffmeisteri* (Claparede, 1862), личинки хирономид *Polypedilum* гр. *nubeculosum* (Meigen, 1818) и *P.* гр. *convictum* (Walker, 1856). Эти виды встречались на всех станциях участка с частотой встречаемости от 67 % до 100 %.

Численность зообентоса на участке возрастала к сентябрю: минимальные значения отмечались в середине августа – 0,48–0,68 тыс.экз./м², максимальные в сентябре – от 3,64 тыс.экз./м² (у места

складирования органических отходов – ст.1) до 11,80 тыс.экз./м² (в зоне защищенного побережья ниже по течению – ст.3).

Наибольшая численность на ст. 1 сразу после размещения отходов (в начале августа) отмечалась у пиявок и личинок слепней: 0,14 тыс. экз./м² и 0,12 тыс. экз./м² соответственно. Далее до сентября основу численности зообентоса составляли олигохеты (63–75 %). На ст. 2 в условиях проточности, в течение всего периода исследований, основу численности составляли личинки хирономид (41–87 %), на ст. 3, ниже по течению – моллюски (67 % в середине августа) и олигохеты (76 % в конце августа и 91 % в сентябре). К сентябрю на всех станциях отмечалось увеличение численности и разнообразия личинок хирономид и олигохет.

Минимальные значения биомассы на всех станциях участка отмечались в конце августа (от 1,15 г/м² на ст.1 до 2,42 г/м² на ст.3), при увеличении численности зообентоса в этот период. Такое снижение биомассы через две недели после размещения отходов связано с несколькими факторами: во-первых, сокращение видового разнообразия, численности и средних масс моллюсков, во-вторых, исчезновение из биоценоза таких крупных форм как, пиявки, жуки, личинки вислокрылок, мух, ручейников, и, в-третьих, увеличение численности олигохет и личинок хирономид.

Максимальные значения биомассы зообентоса на всех станциях отмечались в сентябре (от 5,82 г/м² на ст.1 до 17,08 г/м² на ст.3).

Основу биомассы на ст.1 у места складирования отходов, сразу после их размещения, составляли разнообразные насекомые и их личинки (45 % биомассы зообентоса), а также пиявки (17 %), а через две недели, к концу августа – олигохеты (51 %), к середине сентября – снова личинки насекомых (52 %), наибольшей биомассой из которых обладали личинки *Sialis lutaria* (Linne, 1758) (2,52 г/м²). На ст.2 в условиях проточности в середине августа основу биомассы составляли моллюски (73 %), в конце августа и сентябре – личинки хирономид (63–64 %). Ниже по течению основная часть биомассы зообентоса в августе обусловлена моллюсками (61–68 %), в сентябре – олигохетами (59 %).

По индексам плотности, рассчитанным по биомассе зообентоса, на ст.1 доминировали личинки слепней *Tabanus* sp. с индексом плотности 6,97 и моллюски *Valvata depressa* (C. Pfeiffer, 1828) с индексом плотности 5,63. На ст.2 доминировали личинки хирономид *Polypedilum* гр. *nubeculosum* (Meigen, 1804) и *P.* гр. *convictum* (Walker, 1856) с индексами плотности 11,02 и 10,56 соответственно. На ст. 3 доминировали олигохеты

L. hoffmeisteri (Claparede, 1862) с индексом плотности 12,21, последние встречались на данной станции только в конце августа и сентябре, максимум в их развитии приходился на сентябрь (до 5,82 тыс. экз/м² и 6,61 г/м²).

УДК 574.4/5

ФИТОПЛАНКТОН ВО ВТОРИЧНОМ ОТСТОЙНИКЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА

ХАМИТОВА М.Ф., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р биол. наук, профессор КАЛАЙДА М.Л.

Отбор проб фитопланктона во вторичном отстойнике ОАО «МЦБК» проводился в августе 2014 г. с 5 станций: ст. 3 – точка сброса сточных вод из первичного во вторичный отстойник; ст. 5 – мелководный участок вторичного отстойника; ст. 6 – глубоководный участок вторичного отстойника; ст. 7 – залив внутри вторичного отстойника; ст. 8 – сбросной канал из вторичного отстойника в Куйбышевское водохранилище.

В составе фитопланктона вторичного отстойника целлюлозно-бумажного комбината было встречено 29 видов водорослей, относящихся к 5 отделам.

На наиболее загрязненном участке отстойника в районе сброса сточных вод из первичного отстойника встречались 4 вида водорослей, все они относились к отделу зеленых водорослей. На мелководном участке дальше по течению видовое разнообразие было выше – 10 видов: кроме зеленых водорослей здесь встречались сине-зеленые, золотистые и диатомовые. На глубоководном участке встречалось 11 видов: к перечисленным выше группам здесь добавлялись представители эвгленовых водорослей. Наибольшее видовое разнообразие отмечалось в заливе вторичного отстойника – 16 видов, относящихся ко всем встреченным в водоеме отделам водорослей. В сбросном канале из вторичного отстойника в Куйбышевское водохранилище фитопланктон был представлен 8 видами, относящимися к сине-зеленым, диатомовым и зеленым водорослям.

Наибольшая численность фитопланктона отмечалась на мелководном участке, до 708879,07 тыс. кл/л. Основу численности на этом участке составляли сине-зеленые водоросли *Aphanothese globosa* Elenkin (57 %). На остальных станциях отстойника численность фитопланктона

варьировала от 3666,74 тыс.кл/л у места впадения сточных вод до 5598,45 тыс.кл/л в заливе вторичного отстойника. На всех станциях, кроме места подачи сточных вод, основу численности составляли сине-зеленые водоросли.

Максимальная биомасса фитопланктона внутри вторичного отстойника, также наблюдалась на мелководной станции – 325,78 мг/л. Основу биомассы на этом участке составляли зеленые (51 %) и золотистые водоросли (45 %). Следует отметить, что почти половину (42 %) биомассы, формировали крупные золотистые водоросли *Dinobryon divergens* Imhof встречавшиеся только на этом участке. У подачи сточных вод во вторичный отстойник биомасса фитопланктона составляла 0,09 мг/л, на глубоководном участке – 0,84 мг/л, в заливе – 1,20 мг/л, в сбросном канале – 11,53 мг/л.

Доминирующими по численности и биомассе в составе фитопланктона были следующие водоросли: *Aphanothece globosa* Elenkin, *Merismopedia tenuissima* Lemm., *Microcystis firma* (Kütz.) Schmidle, *Dinobryon divergens* Imhof, *Trachelomonas volvocina* Ehrb., *Amphikrikos nanus* (Fott et Heynig) Hindak, 1977, *Oocystis lacustris* Chod. , *Raphidocelis subcapitata* (Korsch.) Nyg.

По индексам плотности, рассчитанным по среднесезонной биомассе фитопланктона на участке доминировали зеленые водоросли *Chlamydomonas* sp., с индексом плотности 12,98, к субдоминантам можно было отнести синие-зеленые водоросли *Microcystis aeruginosa* f. *flos-aquae* (Wittr.) Elenk., с индексами плотности 9,99.

Во вторичном отстойнике комбината наблюдалась сильная вариативность индексов видового разнообразия и индексов трофности по фитопланктону: индекс Шеннона за один и тот же период времени варьировал на станциях отстойника от 0,35 до 3,63, а трофический индекс от 23,5 до 106,0. Это может быть связано со значительной разницей в физико-химических условиях на участках вторичного отстойника. Для ряда станций характерны низкая прозрачность воды, высокая концентрация органических веществ, низкое содержание кислорода. Эти факторы определяли значительную разницу в развитии сообщества зоопланктона на этих участках. Так минимальные показатели развития фитопланктона (индекс трофности – 23,5) отмечались на станции у сброса сточных вод во вторичный отстойник (ст. 3), здесь отмечалась наименьшая прозрачность воды, обусловленная массовым развитием бактериопланктона. Наибольшее развитие фитопланктона наблюдается на следующей по течению станции в мелководной зоне (ст. 5), где

прозрачность возрастает, кормовые ресурсы высокие, но развитие зоопланктона еще не наблюдается. Для станций, расположенных далее по течению сточных вод (ст. 6) и в заливе (ст. 7) условия для развития фитопланктона лучше, но массово представленный зоопланктон – ветвистоусые рачки – сокращают численность фитопланктона за счет выедания и статус на этих участках соответствует мезотрофному типу водоемов. Таким образом, анализ фитопланктонного сообщества в условиях сильного загрязнения водоема органическими веществами позволяет проследить сукцессию в пределах ограниченной территории.

УДК 543.054.2

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЗОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ОТ ТОКСИЧНЫХ ПРИМЕСЕЙ

ЮРИКОВА Н.Н., КГЭУ, г. Казань

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор НОВИКОВ В.Ф.

В настоящее время технология озонирования широко применяется для очистки водной среды от токсичных примесей. Обычно органические примеси, присутствующие в питьевой воде окисляются с образованием диоксида углерода и других соединений, которые могут выпадать в осадок. Период полураспада озона небольшой. Кроме того, в процессе обработки воды озоном могут образоваться более токсичные примеси, чем те, которые первоначально присутствуют в водной среде. Поэтому, нами для очистки питьевой воды от токсичных примесей использовалась сорбционная установка, заполненная природным пористым материалом, полученном на основе природных цеолитсодержащих пород Республики Татарстан. Были найдены закономерности, связывающие сорбционные свойства цеолитсодержащих пород с процессом озонирования питьевой воды и дали практические рекомендации по использованию бытовых фильтров, заполненных различными сорбционными материалами.

НАПРАВЛЕНИЕ: ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

СЕКЦИЯ 1. ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Аверин Н.И. Математическое моделирование течений в турбинных решетках.	3
Али Язид С.С. Применение обратного осмоса для получения обессоленной воды из морской на промышленных предприятиях в Республике Йемен.	5
Андрюшин К.А. Оптимизация параметров моторного режима на энергоблоках ПГУ большой мощности.	7
Аскарлов Ф.З. Угольная промышленность России.	9
Ахметова Р.В., Хусаинов Д.Г. Экономичность сжигания мазута в котлах ТГМ-84А с использованием механических и паромеханических форсунок.	10
Виноградов А.С., Власова А.Ю. Промывка систем теплоснабжения жилых и производственных зданий.	11
Власова А.Ю., Мамлеева А.Р., Печенкин А.В. Исследования нейтрализации и очистки сульфатсодержащих компонентов на модельных растворах.	13
Галямин А.С. Исследование и оптимизация входного патрубка осевого компрессора ГТУ.	15
Гатауллин Д.И. Обзор применения промежуточного перегрева пара на ТЭС РФ.	17
Гафиатуллина А.А., Филимонова А.А., Виноградов А.С. Исследования поведения органических примесей на промежуточных ступенях получения химически обессоленной воды.	18
Горбунова О.А. Разработка способов снижения влияния работы городской котельной на окружающую среду.	21
Давлетбаев С.В. Теплоизоляция в криогенной технике.	23
Закиров А.О. Повышение надежности и экономичности режима работы системы технического водоснабжения ТЭС.	24
Закирова И.А. Повышение эффективности систем теплоснабжения с применением тонкопленочных покрытий.	26
Касаткин К.А. Установка для восполнения утечек пароводяного цикла ТЭС, сжигающей газовое топливо.	27
Клюшкин А.А. Восполнение утечек в цикле конденсатом выпара из топливных сушилок ТЭС.	29

Магомедсайгитов Д.М., Ермолаев Д.С. Несоблюдение температурного графика отпуска тепловой энергии с горячей водой от ТЭЦ.	31
Мамлеева А.Р., Минибаев А.И., Власова А.Ю. Анализ существующих методов очистки сульфатосодержащих компонентов в сточных водах ТЭС и промышленных предприятий.	33
Манигомба Ж.А. Продукты пиролиза и их применение в электроэнергетике.	34
Минибаев А.И., Разакова Р.И. Электромембранная утилизация щелочных сточных вод тепловых электрических станций.	35
Печенкин А.В., Власова А.Ю., Мамлеева А.Р. Очистка сточных вод на Ново-Салаватской ТЭЦ.	37
Просвирнина Д.В. Разработка лабораторного стенда системы оборотного водоснабжения тепловых электрических станций.	38
Саитов С.Р., Кириллова Н.А. Разработка программы, моделирующей работу водоподготовительной установки ТЭС с обратноосмотическими модулями.	39
Саитов С.Р., Кириллова Н.А. Совершенствование алгоритма расчета показателей надежности теплоснабжения потребителей от децентрализованных котельных.	41
Сбитнев А.А., Водениктов А.Д. Разработка и исследование новых типов устройств подготовки потока для расходомерных участков трубопроводов.	43
Скурихина А.Д. Применение пароохладителя на отборе пара к утилке влажного топлива и оптимизация его параметров.	45
Соловьев М.М., Волков А.Е. Разработка топливных характеристик энергоустановки «ГТЭ6П-П102» при проектных условиях эксплуатации.	47
Спирина М.А. Диалоговая система расчета ПВД с пароохладителями различных типов.	49
Сухов А.В., Шлёнкин Р.Ю. Разработка и исследование запорно-регулирующей арматуры.	51
Таймаров М.А., Салтанаева Е.А. Сжигание обводненного мазута в котлах ТЭС.	52
Таймаров М.А., Чикляев Е.Г., Чикляев Д.Е., Хусаинов Д.Г. Выбор горелок для сжигания метано-водородной фракции.	53
Фатхутдинов Э.И. Способ применения органического теплоносителя в цикле Ренкина.	54

Халиулин Д.Р. Технология прямого осмоса.	55
Хвостов А.Д., Панов Л.М. Определение топливной характеристики энергоблока ПГУ-325 при нагрузках, близких к номинальным значениям.	56
Храпов Д.А. Использование выгорающего поглотителя в ториевом реакторе атомной электростанции.	58
Чупраков М.В., Егоров П.В., Гиммельберг А.С. Термические деаэраторы питательной воды для турбоустановок энергоблоков АЭС мощностью 1200 мвт.	59
Шайхатова Э.А. Дымовая труба объединенная с сухой градирней.	60

СЕКЦИЯ 2. ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Агзамов Л.Р. Системы оборотного водоснабжения.	61
Агзамов Л.Р. Защита от коррозии оборудования водооборотных систем.	62
Аухадиев Р.Ф. Структура пластинчатых теплообменников. ...	63
Ахметзянова Л.Г. Усовершенствование тепловых пунктов в централизованных системах теплоснабжения.	65
Байрамгулова Л.З. Сравнение газопоршневых установок различных мощностей и производителей.	67
Габдулвалиева Е.И. Использование коэффициента оребрения теплообменной поверхности для расчета рекуперативного теплообменника с пористыми вставками.	69
Гайнутдинов Р.Ф. Структурный анализ тепловой схемы паровой котельной.	71
Галеев К.В. Разработка энергоэффективной системы пароснабжения предприятия.	73
Гапоненко С.О. Универсальная методика определения трассировки скрытых трубопроводов.	74
Гимаева Г.А., Ефремов А.В. Повышение эффективности теплоснабжения при некомбинированной выработке теплоты.	76
Гумеров И.Р. Энергоснабжение на основе топливных элементов.	77
Давлетбаев С.В. Эффективность работы криогенной техники.	78
Давлеткулов А.Р. Оптимизация работы на газоперекачивающей станции в летний период. Повышение энергетической эффективности аппаратов воздушного охлаждения газа.	79

Джораев С.Б., Бакланов А.В. Эффективное использование вторичной тепловой энергии турбовальных ГТД на испытательных станциях.	81
Загретдинова А.Р. Перспективы применения биогазовых установок в однородном хозяйстве.	83
Залялетдинов И.Т. Особенности теплоснабжения от ТЭЦ. . . .	84
Замалиев А.Н. Автотермический режим сжигания илового осадка в псевдоожиженном слое.	85
Запольская И.Н. АИТП как способ снижения потерь тепла и теплоносителя в филиале АО «Татэнерго» Казанские тепловые сети.	87
Захарова В.Е. Опыт использования ветроэнергетических установок в России и за рубежом.	88
Ибадов А.А. Биогазовая установка на отходах молочного производства.	89
Ильин Д.В. Пути повышения энергоэффективности жилого здания.	90
Ильичева А.Д., Теляшов Д.А., Накоряков П.В. Определение условий возникновения резонансов в теплообменных аппаратах сверхкритического давления.	91
Исламова А.М. Определение экономически эффективного способа очистки сточных вод промышленных предприятий при использовании бессточных систем.	93
Исмаилова Г.М. Будущее геотермальной энергетики в России и за рубежом.	94
Калинина М.В. Благоприятные условия применения солнечных коллекторов в системе отопления индивидуальных жилых строений	95
Камаева Г.Р. Применение солнечных коллекторов для теплоснабжения и ГВС жилого помещения.	96
Каримов Р.М. Способы и методы определения расположений подземных коммуникаций.	97
Каряжников К.А. Варианты модернизации котельной.	99
Красавина Е.О. Трансформаторы теплоты в энергосберегающей технологии промышленного разделения веществ.	101
Курицына К.С. Особенности построения теплоэнергетических жилых комплексов на Луне.	102
Кутдусов Р.Р. 3D-моделирование в программе Revit для оптимизации теплоснабжения административного здания.	103

Макаров А.В. Повышение надежности и качества теплоснабжения.	105
Марданова Р.Р. Теплообменные аппараты энергетических установок.	106
Молгачев А.Ю. Повышение энергетической эффективности ТЭЦ путем оптимизации режимов работы оборудования.	108
Мыльников В.В. Применение геотермальной энергии как источника теплоснабжения и горячего водоснабжения.	109
Назмеева Р.М. Оценка надежности тепловых сетей.	110
Николаев А.В. Когенерация как основное направление энергосбережения в коммунальной энергетике юго-востока Татарстана.	112
Нуриахметов И.Б. Проект мини-ГЭС для малых потребителей.	113
Пятибратова Э.В. Альтернативная котельная как эталон для оценки деятельности теплоснабжающих предприятий.	114
Рекуненко Е.С. Соотношение конвективной и лучистой составляющих тепловых потоков при отводе теплоты с ребренных и неребренных поверхностей.	116
Ротач Р.Р. Расчет и сравнение затрат тепловой и электрической энергии при различных способах обессоливания воды.	118
Сабитова Г.Ф. Расчет элементов теплофикационного оборудования в системах регенеративного подогрева питательной воды ПТУ.	120
Сафронов А.С., Кругликов Д.А., Комарницкий П.А. Разработка математической модели системы кондиционирования динамического микроклимата на тренажере блочного щита управления атомной электрической станции.	121
Сидорова А.А., Казакова Г.Д. Влияние ремонта тепловых сетей на сокращение тепловых потерь.	123
Тазеев И.Р. Особенности балансировки элементов теплоэнергетического оборудования.	124
Теляшов Д.А., Ягофаров О.Х., Накоряков П.В., Суховая Е.А. Использование псевдокипящего слоя в глушителе шума аэродинамического клапана камеры пульсирующего горения. .	126
Трофимова А.Р. Современные проблемы теплоснабжения многоквартирного жилого дома.	127

Фаздалова А.И., Кашипова Л.А. Термодинамический анализ как способ оценки энергоэффективности системы рекуперации вторичных энергоресурсов.	128
Хайритдинов Р.Р., Ким А.Г. Преобразователь USB-UART для устройства виброакустического контроля.	130
Халилова Э.А. Индивидуальный тепловой пункт.	131
Харченко У.А. Оптимизация системы жизнеобеспечения нефтяного месторождения по средствам внедрения когенерационной установки.	132
Хафизов Р.Г. Применение двигателя стирлинга с устройством отвода тепла в условиях ближнего космоса для создания искусственной гравитации.	133
Чанчин К.В. Методы диагностики неисправностей трубопроводов в ППУ изоляции.	134
Чумакова К.Ю. Геотермальная вентиляция жилого дома.	135
Шайдуллин Р.Р. Наладка системы теплоснабжения от котельной № 3 г. Нурлат.	135
Ямалетдинов А.А. Повышение эффективности нефтеподготовительного производства юго-востока Татарстана за счет снижения потребления природного газа на собственные нужды.	136
Яхина Л.Т. Особенности применения мини-ТЭЦ в РТ.	137

СЕКЦИЯ 3. ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ И ТОПЛИВА, КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

Андреев К.С. Использование отходов сельского хозяйства для ликвидации разливов нефтепродуктов.	138
Ахметвалиева Г.Р., Бурганова Ф.И. Дозирование присадки в нефтепродукты.	140
Бахтигареева Л.Р. Интенсификация сорбционных процессов очистки сточных вод от нефтепродуктов.	142
Ганеев А.Т. Определение эффективности подготовки мазута в резервуарном парке Уфимской ТЭЦ-2.	143
Гафиятова Д.Р., Шайхутдинова А.Р. Улучшение характеристик мазута присадками, включающими нанодобавки.	144
Зверев Л.О. Изучение эффективности использования водомазутных эмульсий в качестве котельного топлива.	146
Комаров М.В., Комарова Е.А. Исследование агрегатов на базе газотурбинных установок для получения воды из воздушного бассейна.	148

Лебедева Ю.В. Применение октадециламина для консервации теплоэнергетического оборудования.	150
Мубаракзянов Р.Р. Влияние природы растворителей на сорбционные свойства природных пористых материалов.	152
Музенитова К.Ф., Сафина М.Р. Анализ микробиологической коррозии на водоподготовительных установках.	153
Нгуен Дык Тоан, Фам Данг Няг. Определение эффективности подготовки угля для мини-ТЭС.	154
Таймаров М.А., Сунгатуллин Р.Г., Хусаинов Д.Г. Повышение экономичности сжигания газа в котлах ТЭС за счет изменения круток воздуха в горелках.	155
Трухин Д.С. Разработка метода калибровки рН-метров с использованием многофункционального стенда.	156
Храмова А.И. Анализ состояния Куйбышевского водохранилища – источника водоснабжения.	158

СЕКЦИЯ 4. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ. НЕТРАДИЦИОННАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Алексеев А.М. Технико-экономическая оценка внедрения газогенераторных установок, использующих биомассу.	160
Аль-Кабиль Н.М. Исследование возможностей производства электроэнергии за счёт солнечных установок в Республике Йемен. .	161
Аминов Б.А., Шайхутдинов И.З., Зиатдинов Р.В. Твердотопливные пиролизные котлы для отопления жилых зданий.	162
Андреев Т.И., Рафикова Ю.Ю. Региональный анализ ресурсов биоэнергетики Волгоградской области.	163
Арсланов А.Р. Анализ состояния методов подготовки воды хозяйственно-бытового назначения в жилищно-коммунальной отрасли РТ.	165
Астраханов М.В., Лозинова Л.В. Изучение ИК-отражающей и светопропускающей способности фольгоизола.	168
Астраханов М.В. Исследование ИК-отражающей способности материалов и тонкопленочных резиновых покрытий. . .	169
Афонин Д.В. Повышение эффективности защиты от импульсного перенапряжения.	170
Бахтин Н.А., Такмовцев В.В., Галкин И.С. Экспериментальный стенд для исследования эффективности щелевых уплотнений.	172

Билалова А.И. Исследование математических моделей прогнозирования энергопотребления на оптовом рынке электроэнергии.	174
Бодрова Е.С., Караваева О.А. Необходимость адаптации солнечной батареи к работе в условиях арктического климата.	175
Галиуллин Д.Р., Пасечник С.В. Графеновые аккумуляторы в перспективе развития электромобилей.	177
Гафуров А.М., Гафуров Н.М., Гатина Р.З. Пути развития геотермальных электростанций России с использованием бинарных энергоустановок.	178
Гиниятов А.М. Автономное газоснабжение коттеджного поселка.	180
Гиниятова Л.М. Оценка сорбционных свойств органических растворителей.	181
Гирфанов А.М., Такмовцев В.В., Пешков Д.К. Гидродинамика обтекания диффузорной выемки отрывного типа.	182
Губернаторов В.В. Сравнительная оценка энергозатрат на сушку древесины в сушильном оборудовании.	184
Денисов Д.В., Хафизова А.Ш. Анализ работы теплогенерирующего оборудования в условиях эксплуатации.	186
Закиров А.Д. Исследование возможных решений при проектировании комбинированной установки для производства электрической энергии на основе ВЭУ, СФЭУ и установок по преобразованию волн.	188
Зарипова Г.М. Переработка обезвоженного активного ила очистных сооружений в топливные гранулы.	189
Ибрагимова А.В., Ихсанов Р.М. Способ защиты сталеалюминевых проводов воздушных линий электропередачи от усталостных колебательных повреждений на выходе из поддерживающего зажима.	190
Ильюшкин Н. А., Такмовцев В. В., Зарипов И.Ш. Результаты опытного и численного исследования обтекания одиночной диффузорной безотрывной выемки.	192
Имелбаева Э.В. Оптимизация процесса сорбции органических растворителей на силикагелевых сорбентах.	194
Ихсанов Р.М., Ибрагимова А.В. Методика испытаний на стенде ИС-1 опор линий электропередач.	195
Каргапольцев В.В. Устройство для снижения утечек теплоносителя.	197

Карташова А.А., Садриев И.И. Совершенствование хроматографических методов определения примесей в трансформаторных маслах.	199
Кашапова Л.М., Ахмедзянова В.Н. Моделирование структуры потока в области распределительного колпачка ионообменного фильтра при наложении пульсаций на поток.	200
Кузнецова Т.И. Очистка сточных вод от фенолов.	202
Мальсагов М.И. Способы применения возобновляемых источников энергии в Республике Ингушетия.	204
Маряхина С.В. Сбор данных о состоянии ограничителей перенапряжения, установленных на воздушных линиях.	206
Матвеев Д.В. Применение метода протонного магнитного резонанса для учета параметров добываемой скважинной жидкости.	207
Менделеев Д.И. Возможности использования гидротурбин в технологической схеме теплоэлектростанции.	209
Местников Н.П. Актуальность внедрения малых ГЭС с комбинацией СЭС в условиях Крайнего Севера.	211
Миннеярова А.Р. Исследование механизма и кинетики адсорбционной очистки сточных вод промышленных предприятий от нефтепродуктов модифицированным карбонатным шламом.	213
Муртазина Г.Р. Сорбционные свойства различных материалов для очистки сточных вод.	214
Муртазина Г.Р. Адсорбционная способность природных и синтетических пористых материалов.	215
Нагимова Э.В. К выбору тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей.	217
Назмеев Э.Р. Проверка и настройка регуляторов давления.	219
Нигматуллин Р.Р. Влияние природы органических растворителей на сорбционные свойства пористых материалов.	221
Низамов И.С. Использование генераторного газа полученного пригазификации ВУТ в газотурбинных установках.	222
Николаев А.В. Способ повышения эффективности работы шахтной калориферной установки за счет использования воздушной завесы в воздухоподающем стволе.	223
Огар Р.Н. Избирательный перенос при трении и создание износостойких поверхностных структур.	225
Панов Д.Ю. Разработка энергосберегающих мероприятий при эксплуатации административных зданий.	227

Пронькина А.В., Галушак В.С. Экспериментальный стенд солевого магнитогидродинамического генератора.	229
Сайфиева А.Р. Растворители в восходящей колоночной жидкостной хроматографии.	230
Сайфиева А.Р. Новые природные материалы для сорбции органических растворителей.	232
Сорока О.А. Инновационные технологии увеличений энергетической эффективности в жилищных, социальных секторах теплоснабжения.	234
Татарченков А.В., Шарфетдинов Ф.Ф., Моряшов А.А. Анализ системы теплоснабжения Казанского (Приволжского) федерального университета.	237
Титова М.Е. Исследование методов изменения направления световых лучей в солнечных электроустановках.	239
Федорова А.А., Галушак В.С., Сошинов А.Г. К вопросу о ионном ветрогенераторе.	241
Федорова А.А., Галушак В.С., Сошинов А.Г. Разработка системы альтернативного энергоснабжения.	243
Хабабутдинов Д.А. Сравнительная характеристика сорбционных свойств адсорбентов на основе силикагелей.	245
Хакимзянов И.Ф., Хакимзянова Г.Ф. Исследование энергоэффективности получения электроэнергии из биомассы.	246
Хафизова А.Ш. Стабилизация гидравлического режима местных систем теплоснабжения.	248
Хусниязров И.Ф. Термоэлектрический генератор.	250
Цейзер Г.М. Оценка эффективности применения теплонасосных установок в целях утилизации сбросного тепла в условиях г. Челябинска.	253
Шабиева Г.Р., Хайбаллина А.Р. Формальность энергосбережения в России.	255
Шестакова А.Л. Применение наилучших доступных технологий как система углеродного регулирования в Российской Федерации.	257
Ялалов И.Ф., Снигирева С.А. Влияние постоянного магнитного поля на сорбционные свойства органических растворителей.	259
Ялалов И.Ф. Физико-химические свойства растворителей для колоночной хроматографии.	260

СЕКЦИЯ 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Айриев А.Э., Мишина О.Д. Методы определения недостоверности и промахов при проведении измерений.	262
Аминова М.Р. Микропроцессорные системы управления инженерными системами жилого многоквартирного дома.	264
Багаутдинова А.М. Анализ цифровой системы регулирования температуры на тарелке ректификационной колонны.	266
Галеев К.И., Галеева А.Э. Разработка средств автономного питания для беспроводных датчиков, используемых в автоматизированных системах управления технологическим процессом.	267
Галиев А.И. Разработка системы теплоснабжения на основе тепловых насосов с применением льдоаккумуляторной установки. . .	268
Гатин И.Р. Разработка информационного электронного приложения для развития профессиональных компетенций в контексте личностного роста.	269
Гатиятуллин Б.Р., Фазлиахметова Л.А., Шамсияров А.Н. Изготовление станка с ЧПУ.	271
Гимаева Р.Ф. Применение CRM-систем в организационной работе ШСО «Тесла»	272
Данилова А.С. Построение систем нечеткой логики с учетом особенностей работы исполнительных механизмов.	273
Ершов В.Е. Синтез двухконтурных АСР методом частотной аппроксимации.	276
Иванов И.А., Комаров И.О. Применение нейронных сетей для решения задач идентификации объектов управления.	277
Каюмов А.А., Ахметьянов Э.Р., Шамсияров А.Н. Поворотный стол для 3D-сканера.	279
Киен Н.Т. Контроль параметров нефти и управление нефтедобычей по данным ЯМР-анализатора.	280
Киснеев Р.Р. Анализ и выбор PDM-системы при внедрении в организации единого справочника материалов в объединениях производственных предприятий.	283
Колесов В.С. Применение пространства состояний при создании нечетких регуляторов.	285

Колосова Ю.С. Оценка эффективности форм представления моделей распределенных объектов.	287
Крылов П.Д., Михайлов А.В. Лабораторный стенд для изучения систем перекачки жидкости насосом с частотным электроприводом.	289
Мавлюдов И.Г. Возможности контроля техногенных загрязнений воздуха методами лазерного зондирования.	290
Максютова А.О., Баянов А.И., Мухамедзянов Ш.Т. Создание учебной площадки на кафедре АТПП для подготовки участников чемпионата рабочих специальностей («WorldSkills») ...	292
Матюшкин Д.А. Система оптимального регулирования температуры перегретого пара.	293
Мировский К.В. Моделирование случайных величин при решении метрологических задач.	295
Мустаева Э.Ш., Вахранев Д.Д., Белоусова Л.А., Шохин Д.В. Электронное техническое руководство по процессу сборки и разборки газовых турбин.	297
Никулина Е.А., Пак А.Я. Блок регистрации электрических параметров установки для получения карбида кремния.	298
Петров С.И. Разработка стенда для обследования и испытания регуляторов частоты вращения двигателей после капитального ремонта.	300
Петров С.И. Внедрение технологии интеллектуального здания в сфере ЖКХ.	303
Птицын В.Б., Иванов М.О. Исследование следящей системы автоматического контроля температуры.	305
Рябых И.А., Зайцев С.А. Разработка приложений смешанной реальности для изучения объектов энергетики с использованием технологии захвата движений.	306
Салахиева Л.Р., Чапчаков Р.Р. Сравнительная оценка качества информационно-измерительных систем.	307
Тарасов А.И. Зональное регулирование и кондиционирование спортивного объекта.	309
Тунг Ч.В. Контроль параметров воды, закачиваемой в пласт, по данным ЯМР-анализа и управления процессом отделения и очисткой воды от нефти.	311
Хасаншин А.Р. Классификация и область применения градирующей.	314

Хоанг В.В. Настройка АСР с ПИ-регулятором и интегрирующим объектом путём МНК-приближения к субоптимальному регулятору.	315
Шатских В.О. Управление нелинейными объектами.	318
Шмакова Т.С. Автоматизация и защита распределения энергии умных сетей электроснабжения.	320

СЕКЦИЯ 6. ТЕПЛОФИЗИКА

Агишев А.Р., Сунейкина А.В., Сунейкин А.Н. Влияние формы входа на сопротивление начального участка трубы.	322
Артемьева Е.В., Иксанова И.И., Паненко Д.О. Моделирование структуры высокопористого ячеечного материала в трехмерной постановке.	323
Батищева К.А., Исламова А.Г., Орлова Е.Г. Смачивание алюминиевого сплава АМГ-6 после обработки лазерным излучением.	325
Власов А.М., Шпенькова Е.В. Установка для исследования температуры в рабочем зазоре магнитожидкостного уплотнения.	326
Галиев А. А., Ахмадуллин А.М., Исламова Г.Н. Исследование влияния конструктивных особенностей сепаратора на эффективность разделения эмульсий.	328
Зинуров В.Э., Ахмадуллин А.М. Повышение эффективности работы пневмотранспорта созданием энергоэффективного загрузочного устройства.	329
Зинуров В.Э., Шалина М.Ю. Оценка увеличения интенсивности испарительного охлаждения масляных трансформаторов.	330
Иксанова И.И., Артемьева Е.В., Паненко Д.О. Моделирование процесса теплообмена при движении газа через высокопористый ячеечный материал.	332
Ильичева А.Д., Теляшов Д.А., Накоряков П.В. Ракетный двигатель твердого топлива щеточного типа – генератор акустических колебаний.	333
Исламова А.Г., Орлова Е.Г. Испарение капель солевых растворов CaCl_2 , NaCl на алюминиевой поверхности.	335
Исламова Г.Н., Хусаинов Р.Р. Определение границы раздела сред при сепарации эмульсии.	337
Казаринов О.В. Расчёт зоны суффозионного массопереноса от линейного источника.	338
Макарушкин Д.В. Лабораторный стенд с регенеративным	

воздухоподогревателем.	340
Медведева А.С., Усанова Л.М. Расчет скорости распространения пламени в турбулентном потоке однородной смеси.	342
Медведева А.С. Конвективная модель для определения границ устойчивости термических колебаний в трубе.	343
Нгуен Ву Линь, Донг Суан Винь, Дмитриева О.С. Улавливание твердых частиц из газов в промышленной энергетике.	344
Паненко Д.О., Артемьева Е.В., Иксанова И.И. Расчет гидродинамики в периодическом элементе высокопористого ячеечного материала.	346
Пономарёв К.О., Батищева К.А., Примак А.Д. Экспериментальное исследование температуры в паровом канале вертикального термосифона.	347
Примак А.Д., Пономарев К.О. Перемещение контактной линии капли водного раствора этилового спирта по структурированной поверхности.	349
Салимханов М.М. Установка для исследования течения жидкости на начальном участке стенки струйно-барботажного контактного устройства.	351
Соколова У.А. Коэффициент гидравлического трения в каналах с различной формой поперечного сечения.	352
Соколова У.А. Коэффициенты гидравлического сопротивления в щелевых уплотнениях различной геометрии.	354
Усанова Л.М., Медведева А.С. Параметры распыла топлива в неподвижном воздухе.	356
Файзуллина А.И., Хайрутдинов М.А. Расчет горения топлива.	357
Хайрутдинов М.А., Файзуллина А.И. Расчет характеристик распыла факела центробежной форсунки.	359
Хафизова А.И., Круглов Л.В. Распределение жидкости по поверхности перегородок в струйно-пленочных контактных устройствах.	360
Хусаинов Р.Р., Исламова Г.Н. Численное моделирование течения неустойчивой эмульсии в гравитационно-динамическом сепараторе.	361
Шайдуллин Л.Р., Ткаченко Л.А. Экспериментальное исследование распределения температуры колеблющегося газа вблизи резонансной частоты в области открытого торца трубы.	363
Шаймухаметов М.И., Халитова М.Ф. Исследование влияния	

фазовых изменений на строение молекул, содержащих атомы фосфора и мышьяка.	364
Шалина М.Ю. Метод регулярного режима 1-го рода при непостоянной температуре окружающей среды.	365

СЕКЦИЯ 7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

Альхамадани Аббас. Особенности эксплуатации биофильтра в установках замкнутого водоснабжения.	366
Аль Бачри Валид Сами Джавад. Использование препарата сурфагон как заменителя гипофиза для получения зрелых половых продуктов рыб.	368
Ахмерова Л.Р. К определению состава гексановой фракции <i>CHLORELLA VULGARIS</i>	370
Богатырев И.А. Современное состояние ихтиофауны Куйбышевского водохранилища в пределах республики Татарстан. .	372
Габдрахманова Г.Н. Разработка системы оценки требуемого качества поверхностных вод в зоне водозабора «Волжский»	374
Губарев Е.С. Анализ некоторых вопросов в области эксплуатации рыбоводных прудов.	376
Дементьев Д.С. Особенности физико-химических условий содержания радужной форели.	378
Занозеев Р.В. Современное состояние математических моделей водных экосистем.	380
Саетов А.Р. Модернизация рыбозащитных сооружений – важная природоохранная задача.	382
Фахретдинова А.Р. Рыбные хозяйства на сбросных водах.	385
Хамитова М.Ф., Ашрафзянова А.А. Насекомые в составе макрозообентоса вторичного отстойника целлюлозно-бумажного комбината.	387
Хамитова М.Ф., Исмагилов Ф.А. Зообентос р. Казанки в условиях локального органического загрязнения.	390
Хамитова М.Ф. Фитопланктон во вторичном отстойнике целлюлозно-бумажного комбината.	392
Юрикова Н.Н. Применение технологии озонирования для очистки питьевой воды от токсичных примесей.	394

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ
XII МЕЖДУНАРОДНОЙ МОЛОДЕЖНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

26–28 апреля 2017 г.

Казань

В трех томах

*Под общей редакцией
ректора КГЭУ
Э.Ю. Абдуллазянова*

Том 2

Редактор-корректор *М.М. Надыршина*
Компьютерная верстка *М.М. Надыршина*
Дизайн обложки *Ю.Ф. Мухаметшина*

Подписано в печать 21.04.17.

Формат 60×84/16. Гарнитура Times. Вид печати РОМ.
Усл. печ. л. 23,71. Уч.-изд. л. 26,32. Тираж 500 экз. Заказ № 5042.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51

Для заметок

Для заметок