Министерство образования и науки Российской Федерации
Национальный исследовательский университет «МЭИ»
ПАО «Россети»
Филиал ПАО «МРСК Юга» - «Волгоградэнерго»
ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго»
Филиал ПАО «РусГидро» – «Волжская ГЭС»
ПАО «Системный оператор – ОДУ Юга»
Филиал ПАО «ФСК ЕЭС» «Магистральные
электрические сети Центра» (МЭС Центра)
Волго-Донское ПМЭС Филиал ОАО «СО ЕЭС» «Объединенное
диспетчерское управление энергосистемами Юга»
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

г. Волжский
декабрь 2016 г.

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ КОНФЕРЕНЦИИ

Волжский **2017**

УДК 620.9(042)
ББК 31
Р 443

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ:

Драгунов В. К. (председатель), Султанов М. М. (сопредседатель),
Магид С. И., Курьянов В. Н., Хазиахметов Р. М., Грига А. Д.,
Болдырев И. А., Раменский П. П., Чубко Ю. М.,
Жилина В. И., Трохимчук М. В.

Моделирование и создание объектов энерго- и ресурсосберегающих технологий: Межрегиональная научно-практическая конференция, г. Волжский, декабрь 2016 г. / Сборник материалов конференции. – Волжский : Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2017. – 126 с.

ISBN 978-5-94721-119-1

В сборник вошли статьи, отражающие основное содержание докладов, представленных на конференции, в которых освещены актуальные проблемы развития теплоэнергетики, электроэнергетики, машиностроения, металлургии, химической, нефтеперерабатывающей и газовой промышленности в части моделирования и создания объектов энерго- и ресурсосберегающих технологий. Рассмотрены проблемы математического моделирования, автоматизированного проектирования, информационных технологий и управляющих систем. Обсуждены также проблемы внедрения технических и программных средств измерения, диагностики и автоматизации.

Публикуемые материалы предназначены для научных работников, инженеров и аспирантов. Материалы могут быть полезны студентам старших курсов технических вузов при выборе тематики бакалаврских работ, дипломных проектов и магистерских диссертаций.

Тексты представлены авторами в виде файлов, сверстаны и, при необходимости, сокращены. Как правило, сохранена авторская редакция.

Печатается по решению Учебно-методического совета филиала ФГБОУ «НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

УДК 620.9(042)
ББК 31

ISBN 978-5-94721-119-1

© Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2017
© Авторы, 2017

УДК 621.311.22

ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛОВ В РОССИИ

Е. А. Бетуганова – магистрантка
М. С. Иваницкий – канд. техн. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ в г. Волжском, Россия

В результате сжигания каменных и бурых углей, антрацита, горючих сланцев и торфа образуются золы и шлаки, являющиеся продуктами высокотемпературной обработки их минеральной части. Практически на всех тепловых электростанциях (ТЭС) России топливо сжигают в пылевидном состоянии при температуре в зоне активного горения котла от 1300 до 1700 °С. В процессе горения образуются продукты золы-уноса, представляющей собой тонкодисперсный материал, образующийся из минеральной части пылевидного топлива, улавливаемого специальными аппаратами из дымососов ТЭС, шлаковых частиц минерального остатка твердого топлива с включением некоторого количества недожога, генерируемого в топке котлов с камерным сжиганием, выпадающих из факела потока дымовых газов в топке котла и выходящих из шлакоудалителя с крупностью до 40 мм или поступающих из топки котла с кипящим слоем (КС) через охладители шлака с крупностью до 10 мм, и золошлаковой смеси, образовавшейся при совместном удалении золы и шлака в отвал [1, 2]. Ежегодный выход золошлаков на ТЭС и котельных составляет около 50 млн тонн в год. Относительный объем переработки золошлаков ТЭС по экспертной оценке составляет 12,4-17,9 % годового выхода. Около 85 % золошлаков транспортируется системами гидрозолошлакоудаления (ГЗУ) в виде пульпы низкой концентрации для размещения на гидрозолошлакоотвалах (ГЗО), которые являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды при производстве энергии. Суммарная площадь ГЗО в России составляет более 20 тыс. га.

Золошлаковые материалы ввиду большого разнообразия твердого топлива, различных условий его сжигания, а также способов его улавливания и удаления различают по химическим, минералогическим составам, физическим свойствам. Золошлаки ТЭС на 83-98 % состоят из породообразующих компонентов, которые характерны для осадочных пород и потому не представляют существенной опасности для окружающей среды и для человека. Остальные 2-17 % приходятся на недогоревший углерод, ангидрид и оксид железа. Все эти вещества также являются безопасными. Опасность для окружающей природной среды и человека представляют только малые элементы V, Cd, Mn, Cu, As, Ni, Hg, Pb, Sr, Cr, Zn, суммарное содержание которых не превышает 0,3 %. Несмотря на низкое содержание в золошлаках, доля этих элементов в показателях степени опасности достигает 10 %.

При оценке возможности использования золошлаковых материалов в строительстве и производстве строительных материалов основными характеристиками

являются химический состав топлива, содержание горючих и свободного оксида кальция, температура плавления, влажность, зерновой состав, способ удаления.

Около 20 млн тонн летучей золы используется для производства строительных материалов и проведения строительных работ в шахтных выработках, а также в качестве добавки в бетон, в дорожном строительстве и как сырьевой компонент в производстве цементного клинкера. Летучая зола является наиболее значимым побочным продуктом сжигания угля и составляет около 68 % от общего количества золошлаков.

Шлак котлов с твердым шлакоудалением (ТШУ) является гранулированным материалом, удаляемым из холодной воронки топочной камеры котла. Шлак с котлов с ТШУ более крупный, чем летучая зола. Около 3,5 млн тонн шлака используется в производстве строительных материалов. Из них 44 % применяется как наполнитель при производстве бетонных блоков и 40 % – в дорожном строительстве.

Шлак котлов с жидким шлакоудалением (ЖШУ) представляет собой стекловидный гранулированный материал. Около 35 % образованного шлака используется в дорожном строительстве в качестве дренажного слоя, другие 50 % – для пескоструйной обработки вместо природного песка и для производства растворов. Шлак котлов с КС содержит большое количество извести и серы. Около 0,4 млн тонн используется для заполнения шахтных выработок, строительства оснований тротуаров и растворов.

Существует множество экологических преимуществ, связанных с использованием угольной золы: сохранение природных ресурсов, энергосбережение, снижение выбросов загрязняющих веществ в воздух, сокращение выбросов CO_2 и уменьшение площадей золошлакоотвалов [1]. Использование золошлакоотвалов (ЗШО) можно считать бизнес-направлением. Для достижения этой цели необходимо разработать предложения по экономическому стимулированию использования ЗШО с включением соответствующих положений в проект закона о вторичных материальных ресурсах. Одновременно подготовить проект программы с привлечением заинтересованных отраслей экономики.

Одним из основных направлений увеличения производства и реализации продуктов из ЗШО является освоение региональных рынков сбыта строительных материалов. Очень важно изменить взгляд на отходы, то есть перестать рассматривать их как загрязняющие вещества, которые требуют контроля, а считать их источниками сырья и материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Росляков, П. В. Методы защиты окружающей среды : учебник для вузов / П. В. Росляков. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007. – 336 с.: ил.

2. Бетуганова, Е. А., Иваницкий, М. С. Исследование закономерностей осаждения частиц при электрофильтрации / Е. А. Бетуганова, М. С. Иваницкий // Межрегиональная научно-практическая конференция «Моделирование и создание объектов энерго- и ресурсосберегающих технологий», г. Волжский 17 декабря 2015 г. : Сборник материалов. – Волжский : Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2015. – С. 123-125.

УДК 621.8

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НАГРЕВА РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА В КОЛЬЦЕВОЙ ПЕЧИ ТРУБОПРОКАТНОГО ЦЕХА АО «ВОЛЖСКИЙ ТРУБНЫЙ ЗАВОД»

Е. С. Козырева – студентка
С. А. Агринская – канд. техн. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ в г. Волжском, Россия

Целью данной работы является повышение качества нагрева заготовок в кольцевой печи трубопрокатного цеха № 1 АО «Волжский трубный завод», а также повышение эффективности работы самой кольцевой печи.

Кольцевые печи для нагрева металла получили широкое распространение в трубопрокатном производстве. Их использование обусловлено рядом преимуществ: возможностью достижения высокого качества нагрева, сравнительно невысоким удельным расходом топлива, низким угаром металла, компактностью и др. В качестве объекта исследования в данной работе выбрана кольцевая печь (КП) трубопрокатного цеха № 1 (ТПЦ-1). Печь имеет замкнутую кольцеобразную форму и состоит из стационарной части, внутренней и наружной стенок, подвесного свода и вращающейся внутри кольца подины (рис. 1). Печь является рекуперативной, имеет четыре зоны регулирования температуры. Печь отапливается природным газом с помощью горелок низкого давления.

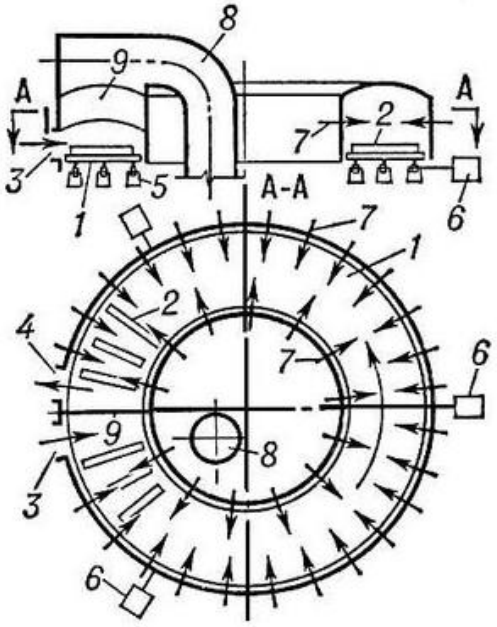


Рис. 1. Схема кольцевой печи:
1 – кольцевой вращающийся под; 2 – нагреваемое изделие; 3 – окно загрузки;
4 – окно выдачи; 5 – опорный ролик; 6 – привод вращения пода; 7 – горелка; 8 – дымопровод для отвода продуктов сгорания из печи в боров; 9 – разделительная перегородка

В качестве исходной заготовки для производства труб используется горячекатаная и непрерывнолитая заготовка диаметром от 90 до 260 мм, длиной от 1200 до 4300 мм и весом не более 1300 кг. Неравномерность нагрева заготовок по сечению неизбежно приводит к разностенности гильз. Качественный нагрев заготовок обеспечивается при равномерном (без ускорений) прохождении металла по всем зонам, от окна загрузки до окна выгрузки. Контроль качества нагрева заготовки на прошивном стане осуществляет вальцовщик стана горячего проката труб.

Предусматривается автоматическое регулирование следующих параметров:

– температуры рабочего пространства зон печи;

– давления в рабочем пространстве печи;

– соотношения «газ-воздух».

Для ведения правильного режима горения топлива используется система автоматического регулирования соотношения газ/воздух, представленная на рис. 2. Данная система работает следующим образом: в зависимости от расхода газа на горение регулятор *Рег-р 2* через электрический исполнительный механизм управляет дроссельным клапаном, регулирующим подачу воздуха на горение.

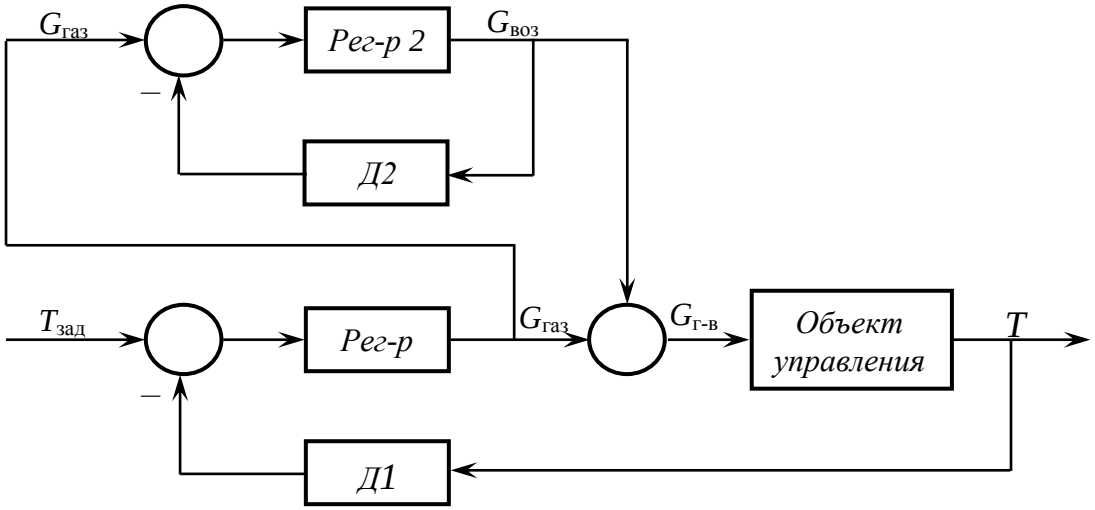


Рис. 2. Схема системы регулирования температуры рабочего пространства зон печи

Для обеспечения наименьшего расхода топлива и минимизации величины окалинообразования необходимо на всех режимах работы печи (то есть на всем диапазоне расходов) поддерживать коэффициент расхода воздуха в диапазоне $\alpha = 1{,}0 \div 1{,}1$, который задается для сред при нормальных условиях, то есть при атмосферном давлении и температуре окружающей среды 20 °С.

При работе печи температура воздуха колеблется в зависимости от режима работы агрегата в диапазоне от 120 до 280 °С, а, как известно, при увеличении температуры воздух увеличивается в объеме и, соответственно, меняется действительный коэффициент избытка воздуха. В действующей системе регулирования не реализована функция коррекции соотношения в зависимости

от температуры воздуха горения, вследствие чего при изменении режимов работы печи фактическое соотношение расходов газа/воздуха горения могут меняться в значительных диапазонах. Следствием отклонений от заданного соотношения расходов газа/воздуха горения является увеличение удельного расхода газа на нагрев металла, а также увеличенное окалинообразование.

Для обеспечения поддержания оптимального соотношения произведен расчет поправки, которую необходимо учитывать при задании уставки в системе регулирования соотношения в зависимости от температуры воздуха горения. Расчет поправки произведен по формуле

$$Q_{\text{норм}} = Q_{\text{действ}} \sqrt{\frac{T_{\text{баз}} + 273}{T_{\text{изм}} + 273}},$$

где $Q_{\text{норм}}$ – расход воздуха при нормальных условиях; $Q_{\text{действ}}$ – расход воздуха при действительной температуре воздуха; $T_{\text{баз}}$ – температура, на которую произведен расчет диафрагмы; $T_{\text{изм}}$ – температура воздуха на горение.

Результаты расчета приведены на графике, изображенном на рис. 3.

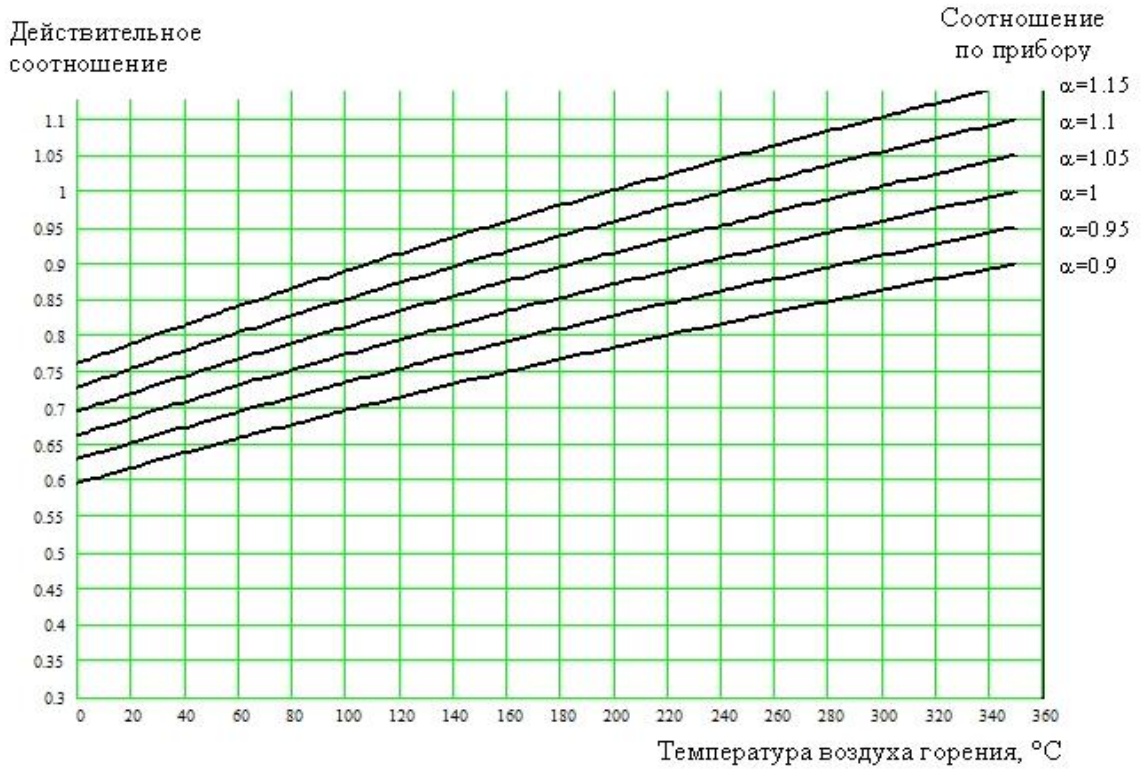


Рис. 3. График изменения действительного соотношения расходов газа/воздуха горения от температуры подаваемого воздуха

Таким образом, в настоящее время в связи с отсутствием поправки на температуру воздуха задание коэффициента избытка воздуха необходимо постоянно менять в зависимости от изменения температуры воздуха горения по приведенному графику.

Введение в действие этой поправки значительно повысит эффективность сжигания топлива и обеспечит стабилизацию наименее окалинообразующей среды в печном пространстве.

В дальнейшем при проведении модернизации системы регулирования необходимо на базе современных контроллеров реализовать функцию автоматического введения поправки на температуру воздуха горения, что позволит исключить возможные ошибки, связанные с «человеческим фактором».

Вторым немаловажным фактором, определяющим эффективность использования топлива, является точность измерения расходов. В настоящее время установлены первичные датчики с достаточно низким классом точности. К тому же в связи с малой загрузкой цеха большую часть времени печь работает на низких расходах, попадающих в 30%-ную зону нечувствительности датчиков, и это существенно снижает точность поддержания коэффициента избытка воздуха, а соответственно, снижает эффективность использования топлива.

Возможные варианты решения этой проблемы.

1. Замена первичных датчиков на современные с более высоким классом точности и меньшей зоной нечувствительности. Так, предлагается рассмотреть вопрос установки современных датчиков измерения расходов газа и воздуха горения с зоной нечувствительности не более 15 %.

2. Перераспределение тепловой нагрузки по зонам регулирования (потушив первую зону, мы увеличим расходы на остальных зонах и тем самым поднимем расходы из 30%-ной зоны нечувствительности).

Еще одним недостатком является неправильная настройка регуляторов температуры и соотношения по отношению друг к другу. Регулятор температуры должен медленно изменять расход газа, отрабатывая уставку температуры, а регулятор соотношения должен быстро изменять расход воздуха вслед за изменением расхода газа. Таким образом, на переходных режимах соотношение должно выдерживаться с возможным отклонением от уставки не более чем на ±10 %.

В настоящее время система работает следующим образом: регулятор температуры резко изменяет расход газа, а регулятор соотношения изменяет расход воздуха с большим запаздыванием, при этом коэффициент избытка воздуха меняется в недопустимых пределах. Таким образом, необходимо произвести перенастройку системы автоматического регулирования.

Выводы.

1. Проведен анализ работы систем автоматического регулирования основных технологических параметров работы кольцевой печи трубопрокатного цеха № 1 АО «Волжский трубный завод», выявлены «узкие места», проанализированы возможные направления повышения эффективности работы оборудования.

2. Определены мероприятия, которые позволят снизить удельный расход газа на нагрев металла, а также снизить окалинообразование. Мероприятия разбиты по двум категориям: оперативные, не требующие капиталовложений, а также перспективные, требующие финансовых затрат:

2.1) оперативные мероприятия:

– необходимо менять задание коэффициента избытка воздуха по зонам регулирования в зависимости от изменения температуры воздуха горения по приведенному на рис. 3 графику;

– перераспределение тепловой нагрузки по зонам регулирования (потушив первую зону, мы увеличим расходы на остальных зонах и тем самым поднимем расходы из 30%-ной зоны нечувствительности);

– необходимо произвести перенастройку системы автоматического регулирования температуры и соотношения, а именно, обеспечить более плавную работу системы регулирования температуры и увеличить скорость работы системы регулирования соотношения расходов газа/воздуха горения;

2.2) перспективные мероприятия:

– провести модернизацию системы регулирования на базе современных контроллеров, в рамках этого реализовать функцию автоматического введения поправки на температуру воздуха горения;

– заменить первичные датчики измерения расходов газа/воздуха горения на современные с более высоким классом точности и меньшей зоной нечувствительности.

УДК 66.096.5-932.2

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ В УСТАНОВКАХ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ

А. В. Пивченко – доцент кафедры ТЭиТТ
Г. Ф. Терентьев – канд. техн. наук, профессор
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

This article is devoted to modeling of burning of fuel in the boiling layer by means of thermal effect which arises at dissolution of some salts.

Физическое моделирование является достаточно эффективным методом изучения сложных процессов. Моделирование может быть реализовано как на основе подобия физических явлений, так и на основе аналогий.

Понятие подобия может быть применено только к процессам одной и той же физической природы, описываемым одинаковыми уравнениями. Если же явления имеют разную физическую природу, но описываются одинаковыми по форме уравнениями, то такие явления называются аналогичными.

Метод аналогии предлагается применить для изучения элементов рабочего процесса в псевдоожиженном («кипящем») слое.

Известно, что при растворении кислот, солей и щелочей в воде возникает тепловой эффект, который выражается в выделении (или поглощении) тепла.

Этот тепловой эффект невелик – от нескольких кДж/моль до нескольких десятков кДж/моль для различных веществ. Однако его можно фиксировать с помощью тепловизора, и строить экспериментально тепловые поля, возникающие при различных режимах растворения.

Если по определенным правилам построить безразмерное поле температур для (псевдо) стационарного процесса растворения, а затем по тем же правилам построить безразмерное поле температур для аналогичного процесса горения, то есть основания предполагать, что эти поля будут тождественны или, в крайнем случае, будут достаточно близки.

Для того чтобы физическая модель была адекватна моделируемому объекту, необходимо, чтобы поведение объекта моделирования и модели описывались аналогичными формулами. Это касается гидро(газо)динамики, тепломассообмена и кинетики химических реакций горения и растворения.

Поскольку одновременного геометрического, физического и химического подобия добиться практически невозможно, задача авторов – рассмотреть, достаточно ли у них оснований предполагать, что модель будет адекватной изучаемому процессу, и в какой мере.

Условия существования взвешенного слоя горящих частиц топлива в газовоздушном потоке описываются теми же формулами, что и условия существования взвешенных частиц в потоке жидкости. Отличие может заключаться в том, что плотность, вязкость, расход (массовый и объемный) ожижающей среды (газов) при горении топлива изменяется по высоте аппарата как за счет выделения газообразных продуктов сгорания, так и за счет их нагрева. Впрочем, эти изменения происходят преимущественно в узкой зоне в непосредственной близости от прирешеченной зоны и мало затрагивают основную массу взвешенного слоя.

Условия образования локальных изменений порозности при псевдоожижении слоя газом или жидкостью аналогичны. Но из-за существенного различия плотности воды и газов получить пузырьковый режим при моделировании растворением практически невозможно.

При горении топлива в кипящем слое возникает реактивная сила, связанная с ускорением продуктов сгорания, которая в некоторых случаях (малый размер зерен, малая высота засыпки, отсутствие или малое количество инертного наполнителя) может иметь существенное значение. При моделировании растворением такая сила отсутствует.

При ожижении воздухом слой подвержен гравитационным пульсациям с частотой, которая примерно пропорциональна $\gamma_0 \approx \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{H}}$, что приводит к динамическим нагрузкам на стенки, решетку, поверхности теплообмена. При ожижении воздухом эти нагрузки могут достигать величин, сравнимых с весом зернистого материала в слое. При ожижении водой эти колебания в существенной мере гасятся.

Перемешивание твердой зернистой фазы имеет одну и ту же природу при псевдоожижении жидкостью или газовой средой.

В силу того, что объемная теплоемкость зернистого материала примерно в 1000 раз больше объемной теплоемкости газа, процесс перемешивания твердой фазы определяет собой механизм переноса теплоты и выравнивание температуры в камере при горящем кипящем слое. Вектор теплового потока в каждой точке пространства камеры имеет вертикальную составляющую и горизонтальную составляющую. Вертикальная составляющая на порядок превышает горизонтальную, хотя горизонтальная составляющая также достаточно велика и ею пренебречь нельзя.

При моделировании процесса горения растворением солей объемная теплоемкость воды существенно превышает объемную теплоемкость зернистого материала. Поэтому на процесс переноса тепла твердой фазой будет накладываться процесс переноса тепла жидкостью, который осуществляется преимущественно в вертикальном направлении (в направлении потока жидкости). Это может приводить к отличиям в характере теплопереноса в кипящем слое, поддерживаемом газом от теплопереноса в слое, поддерживаемом водой.

Коэффициент массопереноса для зернистого материала при ожижении водой или воздухом растет по одному и тому же закону – пропорционально $(u/u_{кр} - 1)\ n$, где n – показатель степени, $1 < n < 2$.

Эффективная теплоемкость кипящего слоя, ожижаемого воздухом, с увеличением скорости сначала быстро растет, достигает максимума и затем падает. Это падение эффективной теплоемкости обусловлено резким увеличением порозности слоя.

При моделировании процесса посредством растворения эффективная теплоемкость при увеличении скорости снижаться не должна, так как занимающая пространство между зернами вода имеет объемную теплоемкость, превышающую объемную теплоемкость зернистого материала.

Коэффициент теплоотдачи к поверхности при сжигании топлива в кипящем слое складывается из двух независимых составляющих – коэффициента конвективной теплоотдачи $\alpha_к$ и коэффициента лучистой теплоотдачи $\alpha_л$. С ростом скорости коэффициент конвективной теплоотдачи также сначала быстро растет, достигает максимального значения α_{max}, затем плавно спадает. Причина та же – увеличение порозности зернистого слоя.

Коэффициент лучистого теплообмена от скорости псевдоожижения практически не зависит, но зависит от абсолютной температуры слоя (пропорционален абсолютной температуре в третьей степени). С ростом температуры удельная составляющая теплового потока к поверхности в результате конвективной теплоотдачи уменьшается, и все большее значение приобретает составляющая лучистого теплового потока.

При моделировании растворением теплоотдача излучением ввиду малости температуры отсутствует, поэтому коэффициент лучистой теплоотдачи равен

нулю. Коэффициент конвективной теплоотдачи будет расти с ростом скорости, но его рост предполагается монотонным, без падения.

Процесс горения топлива в кипящем слое находится в диффузионной области, то есть скорость реакции столь велика, что сдерживающим фактором процесса является подача воздуха.

При моделировании этого процесса растворением есть основания предполагать, что растворение происходит в кинетической области.

При сжигании топлива в кипящем слое, так же, как и в неподвижном, можно выделить три зоны, где характер выделения тепла различен. Это окислительная зона, восстановительная зона и зона догорания продуктов неполного окисления. Благодаря интенсивному перемешиванию и пульсациям слоя эти зоны не имеют четких границ. В окислительной зоне происходят экзотермические реакции с выделением тепла. В восстановительной зоне идут эндотермические реакции с поглощением тепла. В зоне догорания, куда подается вторичный воздух, также идут реакции с выделением тепла. Окислительная и восстановительная зоны соседствуют друг с другом. Расположение зоны догорания может быть различным, в зависимости от того, на какой высоте будут установлены формы для подачи вторичного воздуха.

При моделировании растворением невозможно создать три характерные зоны, соответствующие особенностям тепловыделения при горении топлива в кипящем слое. Это будет одна сплошная зона тепловыделения. Таким образом, можно констатировать, что физическое моделирование процесса горения твердого топлива в кипящем слое посредством тепловых эффектов, возникающих при растворении некоторых солей, происходит в условиях приближенной аналогии. Оно будет качественно верно передавать особенности полей скоростей и температур. В то же время количественное соотношение модели и прототипа (масштабирование) затруднено из-за неполной аналогии этих двух процессов.

Авторами был проведен эксперимент, демонстрирующий принципиальную возможность моделирования тепловых полей методом растворения кристаллогидратов. Для его проведения использовался один из разработанных модулей, который представлен на рис. 1.

Модуль содержит «плоскую» рабочую камеру 1 с прозрачными стенками, сменную распределительную решетку 2, подрешеточную камеру 3, устройство подачи обезвоженного кристаллогидрата 4, штуцер 5 для подвода ожижающей среды и два штуцера 6 для ее отвода. Рабочая камера имеет высоту 600 мм, площадь поперечного сечения составляет $1{,}3 \cdot 10^{-2}$ м^2.

В качестве зернистого материала – кристаллогидрата – использовалась обезвоженная сернокислая медь, которая была получена прокаливанием медного купороса при температуре 350 °С в течение двух часов. Теплота растворения этого кристаллогидрата составляет 66 кДж/моль. Масса одного моля обезвоженной сернокислой меди $CuSO_4$ равна 160 гр. Таким образом, 160 гр обезвоженной сернокислой меди могут нагреть 1 л воды примерно на 12 °С.

Такая и меньшая разность температур вполне может быть зафиксирована тепловизором. На рис. 2 показано поле температур, полученное в результате эксперимента.

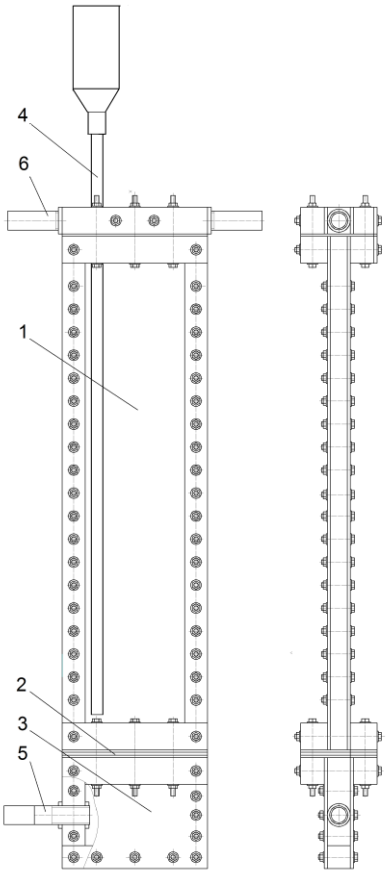


Рис. 1. Сменный модуль для изучения гидродинамики и теплопереноса в «кипящем» слое

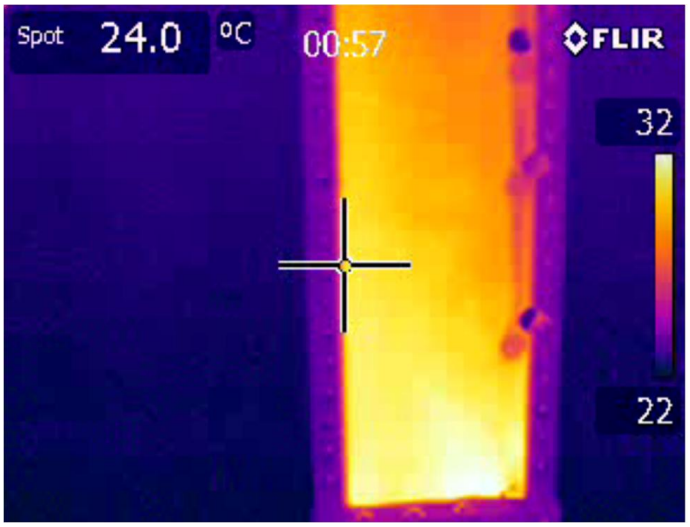


Рис. 2. Экспериментальное поле температур

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тодес, О. М., Цитович, О. Б. Аппараты с кипящим зернистым слоем: Гидравлические и тепловые основы работы / О. М. Тодес, О. Б. Цитович. – Л. : Химия, 1981. – 296 с.: ил.

2. Вигдорчик, Е. М., Шейнин, А. Б. Математическое моделирование непрерывных процессов растворения / Е. М. Вигдорчик, А. Б. Шейнин. – Л. : Химия, 1971. – С. 248, рис. 65, табл. 9.

3. Семенов, С. А. Модельные исследования гидродинамики аппаратов с кипящим слоем / С. А. Семенов // Системы. Методы. Технологии. – 2009. – № 2. – С. 82-86.

УДК 629.23

ВЛИЯНИЕ КПД КОМПРЕССОРА И ТУРБИНЫ НА УДЕЛЬНУЮ МОЩНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Р. В. Гурин – студент
А. Д. Грига – д-р техн. наук, профессор
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Газотурбинные двигатели (ГТД), они же газотурбинные установки (ГТУ), находят широкое применение в энергетике как пиковые, полупиковые источники дополнительной мощности. Объяснение этому – высокая мобильность ГТУ в работе, запуск ГТУ осуществляется за минуты, переходные процессы проходят быстро.

Важными составляющими установки ГТУ являются газовая турбина и компрессор. Источником мощности ГТУ является газовая турбина, от компрессора зависят показатели установки. К их конструкции предъявляется достаточно много требований. Для турбины – это аэродинамическое совершенство, высокая степень форсированности рабочих процессов, малая масса и габариты; для компрессора – это минимально возможные габариты и масса при данном расходе воздуха и степени повышения давления, минимальные потери, устойчивая работа на всех эксплуатационных режимах, высокая надежность конструкции.

С помощью математической модели ГТУ для двигателя ГТЭ-160 исследовано влияние изоэнтропного КПД турбины и изоэнтропного КПД компрессора на характеристики установки.

Результаты расчета ГТЭ-160 представлены в таблице.

Таблица

Расчет ГТЭ-160 [1]

$\eta_Т$	$N_{уд}$	$\eta_{ГТУ}$	$\eta_К$	$N_{уд}$	$\eta_{ГТУ}$
0,90	315,943	0,337	0,86	321,175	0,341
0,91	322,981	0,345	0,87	325,097	0,344
0,92	330,019	0,352	0,88	328,931	0,346
0,93	337,045	0,360	0,89	332,677	0,349
0,94	344,004	0,367			
0,95	350,963	0,374			

Вывод заключается в том, что совершенствование ГТЭ-160 для принятых параметров цикла, $\varepsilon = 11{,}1$, $T_Г = 1373$ К, связано с повышением эффективности компрессора и турбины.

Больший эффект наблюдается при увеличении КПД турбины. Так, с повышением КПД на 1 % при прочих равных условиях удельная мощность увеличивается на 1,998 %, эффективность ГДТ – на 1,98 %.

Вариативные расчеты тепловой схемы ГТУ с учетом влияния вида топлива и коэффициента избытка воздуха на энтальпию рабочих газов, поступающих в газовую турбину, выполнены по методике [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паровые и газовые турбины для электростанций : учебник для вузов / А. Г. Костюк, В. В. Фролов, А. Е. Булкин, А. Д. Трухний ; под ред. А. Г. Костюка. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 556 с.: ил.

УДК 621.184.27

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ АВАРИЙНОГО РАЗРУШЕНИЯ БАРАБАНОВ КОТЛОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

В. С. Тихонова, И. А. Попов – студенты
В. В. Кулькова – канд. физ.-мат. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Ситуация роста энергопотребления как в промышленном, так и в частном секторе диктует необходимость повышения объемов вырабатываемой отечественным энергокомплексом (ЭК) электроэнергии, что неизбежно ведет к повышению нагрузки, ложащейся на ТЭС. Если к этому прибавить ряд климатических факторов, в последние годы снижающих эффективность эксплуатации ГЭС (малоснежные зимы, засушливые летние периоды), оказывается, что ТЭС являются незаменимыми источниками не только тепловой, но и электрической энергии. Все это влечет за собой ужесточение режимов эксплуатации теплоэнергетического оборудования, как, например, сокращение времени ремонта и увеличение доли маневренных режимов. В связи с невозможностью оперативной замены устаревшего оборудования новым, особенно важной представляется задача обеспечения надежности его эксплуатации.

Основная часть теплоэнергетического оборудования была введена в эксплуатацию в период с 1960 по 1985 гг. и его наработка составляет от 30 до 50 лет. По различным данным [1-3] на сегодняшний день степень износа парка оборудования ТЭС составляет от 65 до 90 %. Так, 80 % барабанов котлов уже выработало заложенный при проектировке ресурс. Такая ситуация ведет к учащению случаев выхода из строя указанного оборудования, особенно работающего в условиях высоких давлений и температур.

Объектами повышенного внимания как со стороны обслуживающего персонала электростанций, так и со стороны исследователей являются барабаны котлов высокого давления. Высокий уровень запасенной в них энергии упругой деформации, с одной стороны, и склонность к хрупкому разрушению их материала, с другой, могут стать причинами техногенных катастроф с человеческими

жертвами. Наиболее часто разрушение этого типа оборудования происходит во время гидроиспытаний. При этом не выявленные вовремя начальные этапы разрушения могут привести к полному разрушению барабана без возможности его ремонта. В России было зафиксировано три случая аварийного разрушения барабанов котельных агрегатов с расчетным давлением 15,5 МПа [2, 4, 6]:

1) в 1964 г. на котле ТГМ-84 ст. № 3 Новокуйбышевской ТЭЦ-2 при гидроиспытании после монтажа;

2) в 1991 г. на котле БКЗ-210-140Ф Курганской ТЭЦ при гидравлическом испытании после наработки 164 600 часов;

3) в 2005 г. на котле ТГМ-84 ст. № 1 Ярославской ТЭЦ-3 (наработка 265 522 часа) также при проведении гидравлических испытаний.

Кроме того, случай разрыва нового барабана мощного котла во время предэксплуатационного гидравлического испытания произошел в 1972 г. в штате Северная Каролина (США) [2]. Помимо непосредственного разрушения, барабаны зачастую становятся причинами аварий другого вспомогательного оборудования котлов. Так, при разрушении элементов внутреннего строения барабана возможны попадание отделенных частей в водоопускные трубы и их закупорка. Снижение количества циркулирующей воды в контуре приводит к перегреву металла труб и его последующему разрушению.

Для минимизации отказов теплоэнергетического оборудования ТЭС необходимо углубление представлений о процессах, протекающих в материале корпуса барабана в напряженно-деформированном состоянии, усовершенствование систем диагностики образования опасных дефектов и разработка эффективных методов прогнозирования и контроля остаточного ресурса оборудования.

Известно, что разрушение барабанов протекает по коррозионно-усталостному механизму и имеет хрупкий характер, основными причинами которого выступают:

– сильнонапряженное состояние металлической оболочки барабана;

– контакт внутренней поверхности с коррозионно-агрессивной средой котловой воды;

– затрудненность изготовления необходимых металлических листов, их сварки и последующей обработки швов вследствие больших габаритов конструкции.

Основной причиной хрупкого разрушения является высокий уровень действующих в материале напряжений, имеющий тенденцию к повышению в течение срока эксплуатации. Полное действующее в оболочке барабана напряжение $\sigma_{п}$ в общем виде может быть определено выражением

$$\sigma_{п} = \sigma_{вн} + \sigma_{t} + \sigma_{n}, \qquad (1)$$

где $\sigma_{вн}$ – напряжение от внешних сил; σ_{t} – температурное напряжение; σ_{n} – напряжение от внутренних сил, действующих в объеме материала и обусловленных его дефектной структурой.

Конкретный вид напряженного состояния от внешней нагрузки определяется геометрическими параметрами барабана и прежде всего толщиной его стенки. Количественное решение данной задачи осуществляется методами теории упругости расчета толстостенных оболочек. Кроме того, в числе факторов, ослабляющих корпус барабана, стоит отметить конструкционные концентраторы напряжений, качество котловой воды и отклонения режимов эксплуатации котла от штатного. К первым относятся технологические и монтажные отверстия в корпусе и сварные швы. Часто именно в прилегающих к ним областях образуются очаговые трещины. Второй и третий факторы оказывают значительное влияние на кинетику коррозионных процессов, протекающих на внутренней поверхности барабана.

Температурное напряжение σ_t возникает в барабане из-за наличия градиента температуры как по его внутренней поверхности, так и по толщине его стенок. Так, при остывании барабана разность температур между его верхней и нижней частью может достигать 180 °С [2]. Принимая во внимание способность металла к существенному температурному расширению, с одной стороны, и стесненностью деформации элементарных участков материала, с другой, такой перепад температур вызовет напряжение

$$\sigma_{ij} = \alpha \vartheta \delta_{ij}, \qquad (2)$$

где σ_{ij} – компонент деформации, отнесенный к ортогональным координатным осям; α – коэффициент температурного расширения тела; ϑ – отклонение реальной температуры тела T от температуры, при которой термическое расширение отсутствует; δ_{ij} – элементарные перемещения.

Наиболее опасными термические напряжения оказываются в процессе пуска котла. В этом случае для выравнивания поля температур применяется система обогрева барабана [7]. Однако в процессе режимной работы, а также в период остановки котла (из-за снижения давления внутри оборудования при остывании и маленькой скорости изменения температур) уровень термических напряжений в барабане невелик.

Первые два слагаемых выражения (1) являются результатом действия хоть и продолжительных, но знакопостоянных эксплуатационных нагрузок. В таком случае имеет место приспосабливаемость материала, которая позволяет проводить циклы «остановка – пуск» без накопления усталостных повреждений. Таким образом, можно сделать вывод, что $\sigma_{\text{вн}}$ и σ_t имеют весьма слабую зависимость от времени и не должны влиять на снижение прочностных характеристик металла [2].

В отличие от этих напряжений σ_n определяется возникающими в металле в процессе эксплуатации дефектами и имеет тенденцию к повышению с течением времени. Проведенные в работах [5, 6, 8, 9] исследования состояния материала вышедшего из строя оборудования котельных агрегатов дают представление о протекающих в нем процессах.

Так, в отработанном металле наблюдаются:

– высокая плотность дислокаций (которая за время эксплуатации котла может возрасти в 10^4-10^5 раз);

– высокая пористость границ зерен (количество вакансий в металле с накопленными деформациями достигает значений 10^{19}-10^{20});

– межзеренные трещины, обусловленные наличием на границах прослоек цементита, являющегося концентратором дислокаций (плотность дислокационной структуры здесь соответствует области вблизи зоны разрыва);

– структурные изменения, свидетельствующие о ползучести материала;

– поверхностные трещины коррозионно-усталостного характера.

Такая сложная структура несовершенств материала приводит как к деформации самих зерен, так и к повышению энергии границ между ними. Последние, как известно, являясь стоками одно-, двух- и трехмерных дефектов (дислокации, примесные атомы, вакансии и т. д.), переходят в существенно неравновесное состояние. Сочетание создаваемых ими полей напряжений и температурного режима работы барабана приводит к снижению энергии активации зарождения трещин в металле.

В отличие от термического и внешнего напряжений, напряжения, вызванные накоплением внутренних дефектов материала, не могут полностью релаксировать в периоды прекращения внешних воздействий и будут увеличиваться с течением времени. В сочетании с понижением длительной прочности материала [5] они определяют развитие разрушительных процессов барабанов, а следовательно, и срок их службы.

Весьма актуальной задачей представляется разработка теории образования и роста трещин в период, предшествующий разрушению материала, так как именно этот период занимает до 90 % «жизни» трещин [10]. До недавнего времени особой популярностью при разработке моделей разрушения пользовалась теория Гриффитса о зарождении и росте хрупкой трещины. Разработанная для стекол, она, тем не менее, позволяла получить приемлемое соответствие рассчитанных параметров с экспериментальными данными при правильном подборе коэффициентов интенсивности напряжений *K*. Однако общей проблемой таких моделей являются ограниченность их применимости и сложность учета сопутствующих трещинообразованию пластических деформаций материала.

В связи с этим, необходимым этапом изучения проходящих в металле барабанов является разработка новых более общих моделей зарождения и развития трещин, которые бы учитывали такие особенности эксплуатации объекта, как, например, высокая агрессивность внешней среды. Последнее становится причиной появления бесконечного постоянно работающего источника примесных атомов, таких как различные оксиды, водород и иные чистые элементы в зависимости от конкретного состава котловой воды. Кроме того, постоянный процесс окисления внешней поверхности металла и последующее удаление корродирующего слоя приводят к истончению контактирующего с ними слоя материала, а следовательно, к изменению действующих в материале напряжений. Повышенные

температуры, постоянно действующие растягивающие напряжения и высокая дефектность границ приводят к высокой степени диффузии примесных атомов как в теле зерен, так и по их границам. В пользу высокой активности примесей именно по границам зерен свидетельствует тот факт, что при исследовании образца отработавшего металла котла все имеющиеся в его структуре поры оказываются заполнены атомами примесей.

Не меньшее значение для конструкционной надежности энергетического оборудования имеют и другие приведенные выше типы дефектов.

В связи с этим, отправной точкой повышения надежности энергетического оборудования является определение не только механизмов развития вышеописанных процессов, но и их взаимодействия в материале. На сегодняшний день не существует единой методики, позволяющей произвести полный количественный расчет даже одного из перечисленных типов дефектов в связи с огромным разнообразием соответствующих ему структурных единиц, будь то границы зерен, плоскости скольжения, типы примесей и т. д. Если говорить о попытках создать комплексную модель поведения материала, способную учесть сразу несколько факторов разупрочнения металла, то здесь обстановка еще хуже, ввиду резкого возрастания количества необходимых для нее переменных.

Выводы. Особенное значение для повышения эксплуатационной надежности барабанов котлов высокого давления имеет усовершенствование не только методов диагностики развития опасных дефектов, но и усовершенствование методов прогнозирования поведения материала в условиях повышенных давлений и температур, основанных на глубоком понимании природы существующих в нем дефектов и механизмов их взаимодействий. Необходимо разработать методологию определения изменения внутренних напряжений материала котельного оборудования от времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резинских, В. Ф., Гринь, Е. А. Современные проблемы обеспечения безопасности тепломеханического оборудования при продлении сроков его службы / В. Ф. Резинских, Е. А. Гринь // Теплоэнергетика. – 2013. – № 1. – С. 17-24.

2. Гонтаровский, П. П. Оценка термонапряженного состояния барабана котла ТГМЕ-464 / П. П. Гонтаровский, Т. В. Протасова, А. А. Глядя, А. В. Пожидаев // Проблемы машиностроения. – 2013. – Т. 16. – № 1. – С. 44-51.

3. Смирнов, А. Н., Абабаков, Н. В. Анализ проблем, связанных с безопасной эксплуатацией элементов энергетического машиностроения / А. Н. Смирнов, Н. В. Абабаков // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – № 2. – С. 12-17.

4. Скоробогатых, В. Н. Состояние металла и эксплуатационная повреждаемость барабанов паровых котлов / В. Н. Скоробогатых, А. Е. Аверчиков, О. Н. Жарикова // Металл оборудования ТЭС. Проблемы и перспективы : Труды научно-технической конференции ОАО «ВТИ». – М. : Всесоюзный теплотехнический институт. – 2006. – С. 231-237.

5. Антикайн, А. П. Металлы и расчет на прочность котлов и трубопроводов / А. П. Антикайн. – 3-е изд., перераб. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 368 с.

6. Гринь, Е. А. Хрупкое разрушение барабанов котлов высокого давления – основные причины и способы предотвращения / Е. А. Гринь // Теплоэнергетика. – 2008. – № 2. – С. 40-45.

7. Беляев, С. А. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС / С. А. Беляев, В. В. Литвак, С. С. Солод. – Томск : НТЛ, 2008. – 218 с.

8. Смирнов, А. Н. Микроструктура, акустические характеристики и поля внутренних напряжений в поврежденном металле барабана котла ПК-10 до и после ремонта сваркой / А. Н. Смирнов, В. Л. Князьков, Э. В. Козлов, Н. А. Конева, Н. А. Попова, Н. В. Абабков // Сварка и Диагностика. – 2011. – № 3. – С. 39-42.

9. Кушнаренко, В. М. Анализ повреждаемости прогенерирующего оборудования ТЭС / В. М. Кушнаренко, Н. Е. Кандыба, Е. П. Степанов, Ю. Р. Владов, Ю. А. Чирков // Вестник ОГУ. – 2003. – № 6. – С. 177-182.

10. Новиков, И. И., Ермишкин, В. А. Физическая механика реальных материалов. – М. : Наука, 2004. – 328 с.

УДК 519.685

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СПЕКАНИЯ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ШИХТЫ

В. С. Купоносова, А. А. Максимова – магистрантки
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Агломерация впервые была применена в цветной металлургии для спекания сернистых руд и медных руд. Агломерация – процесс получения кусков (агломерата) путем спекания мелкой руды с топливом при высокой температуре горения [1]. Задачей агломерационного процесса является подготовка высококачественного сырья для доменного производства. Под процессом спекания понимают совокупность превращений, при которых сжигаемое твердое топливо в слое шихты обеспечивает развитие высоких температур в зоне горения и оплавление материалов. В результате получается материал, обладающий необходимыми физико-химическими свойствами.

Начальной стадией спекания является зажигание шихты. При этом необходимо воспламенить частицы содержащегося в ней топлива и внести в слой количество тепла, обеспечивающее дальнейшее развитие горения.

Зона горения приобретает форму наклонного плоского слоя [3]. В зоне горения спекаемый материал сплавляется, образуя пористый агломерат. Вначале происходит зажигание сырой шихты, затем осуществляется спекание шихты. В итоге за зоной спекания образуется готовый агломерат, который охлаждается просасываемым воздухом.

Температура регулируется в ходе всего процесса спекания. Основным параметром, характеризующим процесс спекания, является температура шихты.

Физически невозможно контролировать температуру шихты. По результатам анализа технологического процесса спекания агломерата в печах была выявлена аналитическая зависимость температуры шихты от температуры в горне. Температура в горне зависит от расходов воздуха и топлива, подаваемых

по трубопроводам. Таким образом, можно поддерживать необходимую температуру путем регулирования расходов топлива и воздуха.

Физико-математические модели агломерационного процесса могут быть получены аналитическим путем последовательного описания физических и химических превращений в исходных материалах в процессе производства [2].

Так как шихта является маленькой частицей, то ее температура постоянна по всему объему. Все частицы элементарного объема шихты, расположенные на одном горизонте слоя, имеют одинаковую температуру.

Результатом математического моделирования являются кривые, показывающие изменение температуры в элементарном слое в течение заданного времени и изменение температуры в различных слоях в заданный момент времени (рис. 1, 2).

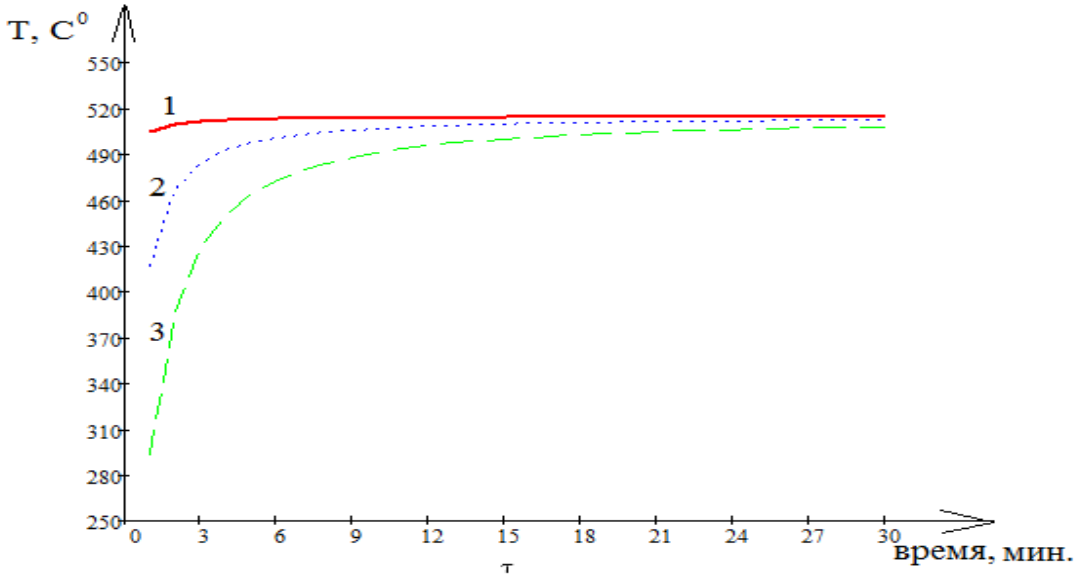


Рис. 1. Сравнительный анализ графиков изменения температур:
1 – в первом слое; 2 – в среднем слое; 3 – в последнем слое

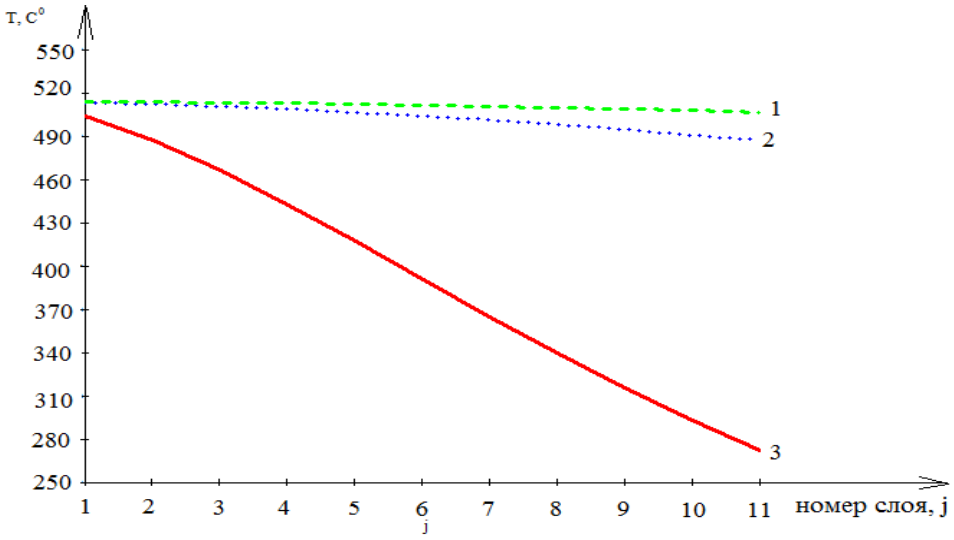


Рис. 2. Сравнительный анализ графиков распределения температур:
1 – на тридцатой минуте; 2 – на десятой минуте; 3 – на первой минуте

Проанализировав агломерационный процесс, можно составить структурную схему объекта управления. Структурная схема системы представляет собой одноконтурную систему автоматического регулирования, рис. 3.

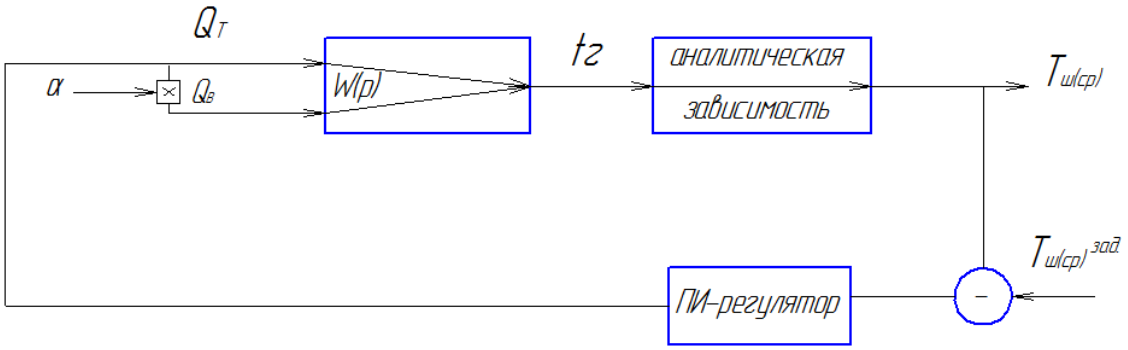


Рис. 3. Структурная схема системы регулирования температуры в среднем слое шихты

Для оптимальной работы системы управления необходимо рассчитать настройки регулятора. Расчет параметров регулятора основывается на принципе устойчивости системы управления. В данном случае – на принципе устойчивости Найквиста. Основу метода составляет обобщенный критерий Найквиста: если расширенная амплитудно-фазочастотная характеристика разомкнутой системы не охватывает точку (1; j0), где $j=\sqrt{-1}$, то система замкнутого состояния будет устойчива:

$$W_{раз}(\omega)=W_{раз}(-m\omega+j\omega), \qquad (1)$$

где $W_{раз}(\omega)$ – передаточная функция разомкнутой системы; m = 0,725 – корневой показатель колебательности.

Для получения передаточной функции объекта управления использовался графоаналитический метод аппроксимации. На графике экспериментальной переходной характеристики находят точку максимальной скорости изменения выходной величины, являющуюся точкой перегиба. В этой точке проводят касательную к кривой. Угол наклона касательной зависит от времени объекта управления. Время подбирается таким образом, чтобы касательная проходила через эту точку. Результатом метода является передаточная функция объекта управления

$$W_{раз}(p)=\frac{48}{24{,}6p+1}e^{-0{,}212p}. \qquad (2)$$

Расширенная передаточная функция разомкнутой системы

$$W_{расш}(Kp,Tu,p)=W(p)W_{рег}(Kp,Tu,p), \qquad (3)$$

$$W_{рег}(Kp,Tu,p)=Kp\left(1+\frac{1}{Tu\cdot p}\right). \qquad (4)$$

В результате расчета были получены следующие параметры настройки регулятора:

$$Kp = 0{,}115; \quad Tu = 0{,}415.$$

Главной задачей данной работы являлось регулирование температуры в горне. Для оптимальной работы системы управления были рассчитаны настройки регулятора. Получена передаточная функция регулятора

$$W_{\text{рег}}(p) = 0{,}115 \cdot \left(1 + \frac{1}{0{,}415p}\right). \tag{5}$$

Сравнительный анализ переходного процесса по температуре в горне до регулирования и после представлен на рис. 4. Из рисунка видно, что благодаря регулированию температура в горне устанавливается быстрее в два раза.

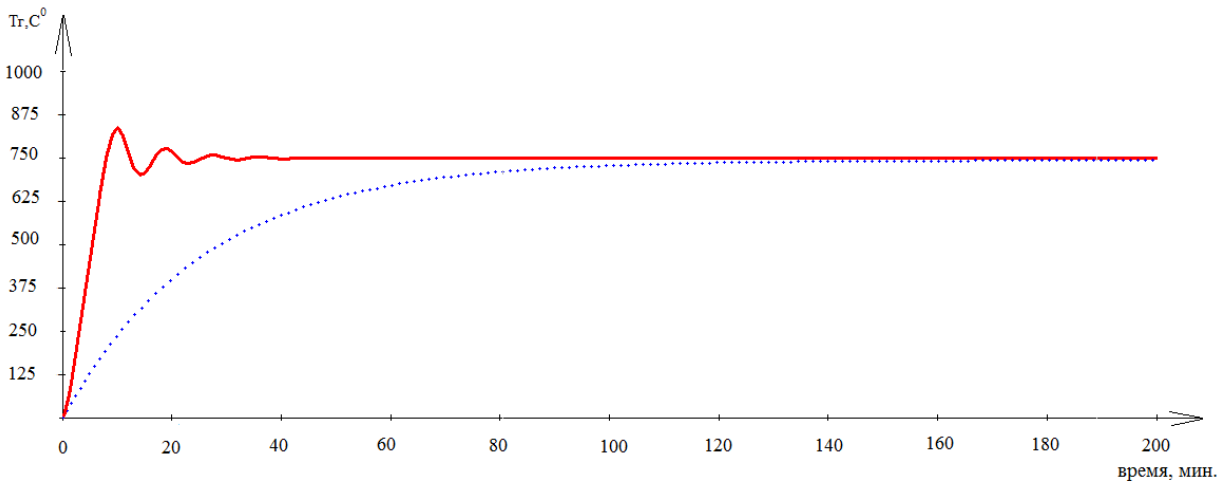


Рис. 4. Анализ переходного процесса по температуре в горне:
1 – автоматический режим; 2 – ручное управление

Применение АСУ ТП повышает оперативность управления агломерационным процессом, обеспечивает рациональное его ведение и облегчает труд агломератчиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селезнев, А. Е. Оборудование агломерационных фабрик черной металлургии / А. Е. Селезнев. – М. : Металлургиздат, 1960. – 320 с.

2. Автоматизация агломерационного и доменного производства. Сборник. – К. : Техника, 1969. – 206 с.

3. Сальников, И. М. Система регулирования слоя шихты по откосу на палетах агломашины / И. М. Сальников, В. Д. Гетало, А. Т. Гетало // Известия вузов черной металлургии. – 1989. – № 11. – С. 75.

УДК 621.311

КРАТКИЙ ОБЗОР ПУТЕЙ ПЕРЕХОДА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

В. С. Карпова – магистрантка
Ю. В. Гусева – канд. физ.-мат. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Электроэнергетика современной России создавалась и развивалась в основном в 1960-1990 гг. на передовом для того времени научно-техническом уровне. Для электростанций, использующих органические топлива, были разработаны паровые энергоблоки на сверхкритическое давление (24 МПа / 540 °С) единичной мощностью 800-1200 МВт. В котлах этих энергоблоков освоено камерное сжигание различных по качеству углей: от бурых до антрацитового штыба (мелочи) [1–3].

В настоящее время ведущие мировые энергокомпании строят угольные энергоблоки с температурой перегретого пара 600-620 °С. Опыт их эксплуатации насчитывает уже много лет, оборудование – котлы и турбины – освоено и коммерчески производится.

Пятьдесят лет назад повышение параметров пара связывалось с использованием аустенитных сталей, сохраняющих высокую прочность при температурах 650-700 °С. Эти стали, однако, дороги и трудно обрабатываются.

Сейчас перегрев пара до 600-620 °С, в перспективе – до 650 °С, обеспечивается при использовании для изготовления металлоёмких необогреваемых узлов (коллекторов, паропроводов, корпусов и роторов турбин и др.) ферритно-мартенситных сталей. Давление на построенных энергоблоках составляет 26-28 МПа [1–3].

Проведены проработки следующей ступени параметров для паровых угольных энергоблоков. В качестве нее в Европе были приняты давления 35-38 МПа и температуры 700-720 °С с двумя промперегревами, в США – температуры до 760 °С. Задачей являлось достижение КПД более 50 %. В Европе были подготовлены технические основы для сооружения такого опытного энергоблока мощностью 500 МВт, но его создание приостановлено в настоящее время из-за высоких экономических рисков.

Повышение параметров пара обеспечивает только меньшую половину увеличения КПД энергоблока ($\Delta\eta$ = 3 %, снижение удельного расхода тепла $\delta b_э$ = 7 ÷ 8 %). Остальное ($\Delta\eta$ = 4 ÷ 6 %, $\delta b_э$ = 10 ÷ 15 %) достигается совершенствованием тепловой схемы и оборудования, уменьшением всех видов потерь.

Кроме существенно лучших технико-экономических показателей в проектах современных угольных энергоблоков изначально предусмотрены мероприятия, резко снижающие их негативное воздействие на окружающую среду [3].

Серьезное влияние на перспективы применения угля для выработки электроэнергии оказывают имеющиеся в мире опасения относительно глобального изменения климата под влиянием выбросов в атмосферу образующегося при сжигании углекислого газа, которые уже сейчас составляют около 35 % всех антропогенных выбросов CO_2.

Наиболее простым и убедительным средством борьбы с выбросами CO_2 является снижение удельных расходов тепла на перспективных ТЭС. При повышении их КПД до 45 % суммарная эмиссия CO_2 уменьшится в 1,5 раза – примерно с 1500 до менее 1000 млн т/год. Параллельно разрабатываются различные технологии улавливания CO_2, образующегося при сжигании угля на ТЭС, и его навечного захоронения (CCS – Carbon Captureand Storage). Реализация этих технологий пока значительно увеличивает инвестиционные затраты и себестоимость электроэнергии. Необходимо их дальнейшее совершенствование и доведение до опытно-промышленных установок.

Южнокорейская компания Doosan в объединении с фирмой MitsuiBabcock в последние годы проводит разработки по созданию котельного оборудования для мощных энергоблоков ультраСКД. Одна из них – проект парового котла для энергоблока ультраСКД мощностью 1000 МВт, рассчитанного на максимальные по нынешним меркам параметры пара – давление 26,9 МПа и температуру 613-624 °С. Проект реализуется на южнокорейской тепловой станции Shinboryeong [1–4].

Целесообразность перехода на повышенные сверхкритические параметры пара связана с повышением экономичности цикла. Увеличение параметров от традиционных значений давления 25,0 МПа и температуры 541-541 °С до принятых в Японии 25,9 МПа и 603-613 °С соответствует росту КПД энергоустановок на 4,91 %, а переход на следующую ступень – 26,9 МПа, 613-624 °С – может обеспечит его рост на 6 %.

С 1 января 2015 г. вступили в силу Федеральный закон № 219 от 21.07.2014 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации. Главное отличие нового закона состоит в том, что он вводит в систему нормирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферу технологические нормативы выбросов, то есть современное законодательство учитывает и требования к оборудованию. Рассматриваемый закон направлен на улучшение экологической ситуации в России, в том числе и за счет внедрения на ТЭС высокоэффективных и экологически чистых технологий.

В соответствии с данным законом предусматриваются следующие шаги.

С 2017 г. ввести требование об обязательности проектирования и строительства новых объектов с учетом наилучших доступных технологий (НДТ). Будет осуществлен переход на выдачу комплексных разрешений и декларирование негативного воздействия на окружающею среду.

С 2018 г. увеличить коэффициенты платы за выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферу в пределах временно разрешенных выбросов и за выбросы, осуществляемые с их превышением.

С 2019 г. ввести запрет на ввод в эксплуатацию новых объектов, выбросы (сбросы) которых не соответствуют НДТ, за исключением тех предприятий, которые получили разрешение на строительство до внесения соответствующих изменений в законодательство.

С 2021 г. административные ограничения будут касаться всех существующих предприятий.

На первом этапе предварительно необходимо осуществить постановку на государственный учет всех объектов хозяйственной деятельности, выполнив дифференциацию предприятий по степени воздействия на окружающую среду, адаптировать к российским условиям отраслевые справочники Европейского союза (ЕС) наилучших доступных технологий. За этот период хозяйствующие субъекты должны подготовить планы мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голицын, А. Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды : Учебник / А. Н. Голицын. – М. : Оникс, 2007. – 336 с.: ил.

2. Тумановский, А. Г., Ольховский, Г. Г. Пути совершенствования угольных ТЭС России / А. Г. Тумановский, Г. Г. Ольховский // Электрические станции. – 2015. – № 1. – С. 67-73.

3. Вихрев, Ю. В. Разработка конструкции пылеугольного котла ультраСКД для новых энергоблоков мощностью 1000 МВт / Ю. В. Вихрев // Энергетик. – 2015. – № 1. – С. 22-24.

4. Брагина, О. Н. Современные воздухоохранные требования для ТЭС / О. Н. Брагина, А. Н. Чугаева // Энергетик. – 2015. – № 5. – С. 23-26.

УДК 621.4

РАЗРАБОТКА ВАРИАНТА СХЕМЫ ПГУ-ТЭЦ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СОБСТВЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА АО «ВОЛЖСКИЙ ТРУБНЫЙ ЗАВОД»

Н. С. Чернышев – магистрант
Ю. В. Гусева – канд. физ.-мат. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Производство тепловой и электрической энергии на тепловых электростанциях сопровождается преобразованием химической энергии топлива, полученной в результате сжигания его в топках котлов или камерах сгорания газовых турбин. Эффективность использования энергии пара или высокотемпературных уходящих газов определяет экономичность всего технологического процесса получения энергетических ресурсов.

В последнее время чаще находят применение в технологических циклах генерации пара парогазовые установки (ПГУ), комбинирующие паросиловой и газовый цикл, что напрямую повышает показатели экономичности использования топлива и выработки электрической и тепловой энергии. Генерирующие компании, внедряющие такие энергоустановки, повышают свою конкурентоспособность на рынке продажи электроэнергии. При этом отдельные промышленные предприятия заинтересованы в использовании эффективного парогазового цикла в собственном технологическом производстве. На рисунке представлена предлагаемая принципиальная схема ПГУ-180 (2ГТУ+2КУ+1ПТ) утилизационного типа для создания собственной тепло- и электрогенерации на АО «Волжский трубный завод» (АО «ВТЗ») [1].

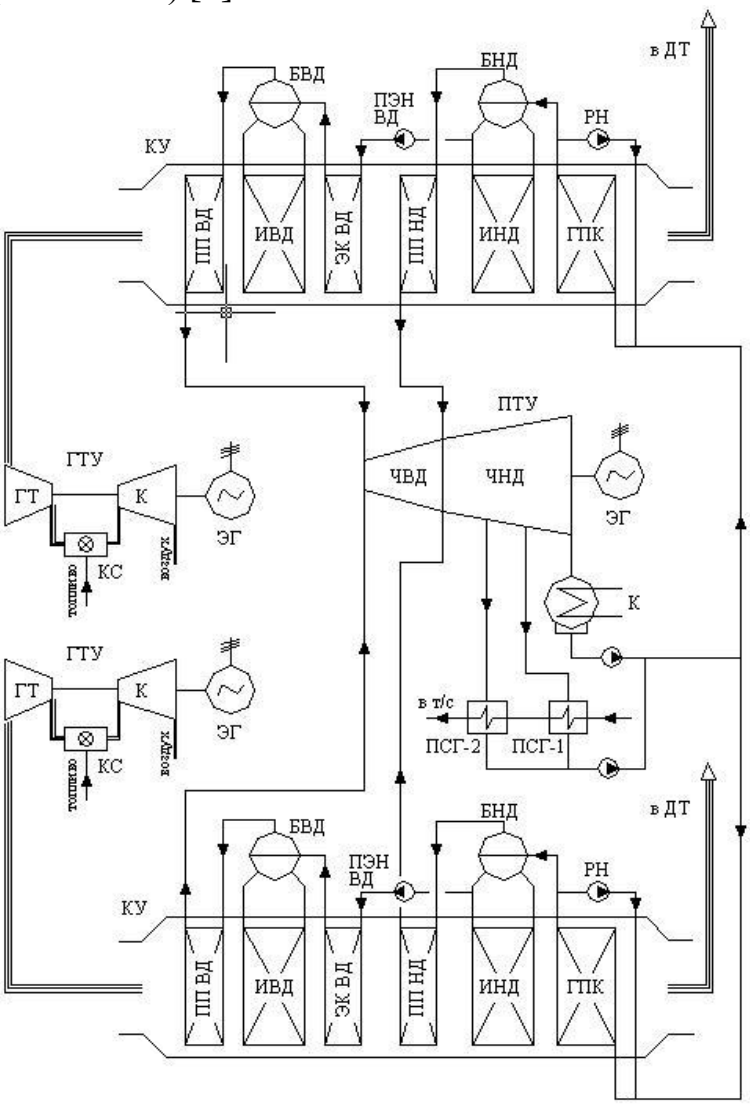


Рисунок. Принципиальная тепловая схема блока ПГУ-180:
БВД, ВНД – барабаны высокого и низкого давлений; ГПК – газовый подогреватель конденсата;
ЭГ – электрогенератор; РН – насос рециркуляции; К – компрессор; КС – камера сгорания;
ДТ – дымовая труба; ИВД, ИНД – испарители высокого и низкого давлений;
ЧВД, ЧНД – части высокого и низкого давлений; ЭК ВД – экономайзер высокого давления;
ПЭН ВД – питательный насос высокого давления; ПСГ – сетевой подогреватель;
ПП ВД, ПП НД – пароперегреватели высокого и низкого давлений

Использование энергии продуктов сгорания на выходе из газовой турбины позволяет выработать пар в КУ с параметрами давления 80-90 бар и температурой 500-520 °С. Дополнительный подогрев питательной воды (конденсата) в КУ осуществляется сжиганием мазута или природного газа. Таким образом, достигается КПД ПГУ (2ГТУ+2КУ+1ПТ), равный 52 %, что по сравнению с КПД ГТУ больше ориентировочно на 18 %.

В настоящее время передача электроэнергии для АО «ВТЗ» осуществлялась по сетям ПАО «МРСК Юга» и ПАО «ФСК ЕЭС». Средневзвешенная цена электроэнергии, приобретённой АО «ВТЗ» на собственные нужды на оптовом рынке электроэнергии и мощности в январе 2015 года, равна 2248,93 руб./тыс. кВт · ч, в том числе средневзвешенная цена электроэнергии – 1205,17 руб./тыс. кВт · ч, средневзвешенная цена мощности – 519,19 руб./тыс. кВт · ч. Потребление электроэнергии АО «ВТЗ» на собственные нужды за январь 2015 года составило 102 122,306 тыс. кВт · ч. Тариф на передачу АО «ВТЗ» тепловой энергии в паре с 01.07.2015 г. по 31.12.2015 г. составил 1827,72 руб./Гкал.

В соответствии с годовой потребностью в электрической энергии на АО «Волжский трубный завод» с учетом собственных нужд на 2015 год, равной примерно 1,26 млрд кВт · ч, предложен вариант схемы энергоснабжения завода в рамках программы импортозамещения с помощью ПГУ-180 на базе отечественного газотурбинного двигателя ГТД-110, разработанного НПО «Сатурн». С учетом затрат завода на покупку электрической и тепловой энергии предлагаемое техническое решение позволит значительно сократить расходы на приобретение энергоресурсов, повысит надежность энергоснабжения производства и уменьшит себестоимость выпускаемой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цанев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций : Учебное пособие для вузов / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов ; под ред. С. В. Цанева. – М. : МЭИ, 2009. – 584 с.

УДК 621.311.22

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОКСИДОВ АЗОТА В ДЫМОВЫХ ГАЗАХ ПАРОВЫХ ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ КОТЛОВ БКЗ-500-140-1

Е. К. Опарина – бакалавр
Е. А. Бетуганова, В. С. Карпова – магистрантки
Ю. В. Гусева – канд. физ.-мат. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Факторная методика является востребованным средством обработки экспериментальных данных, позволяющим упростить процесс построения зависимости одной величины от других, сохраняя при этом высокую точность результата.

Наиболее эффективным методом получения математических моделей многофакторного процесса является использование метода планирования эксперимента. В условиях его реализации оценивается роль факторов, на которые можно воздействовать при исследовании и оптимизации изучаемого объекта или технологического процесса [1].

В работе представлены результаты применения метода планирования эксперимента для построения математических зависимостей расчета концентрации оксидов азота в уходящих газах пылеугольных котлов БКЗ-500-140-1 в целях осуществления экспресс-метода оценки экологичности процесса генерации тепловой и электрической энергии на тепловых электростанциях. В качестве варьируемых параметров для данных моделей определения концентрации NO_x были выбраны коэффициент избытка воздуха в горелках $\alpha_г$ и коэффициент избытка первичного воздуха α_1 [1, 2].

Коэффициенты уравнения для двух переменных рассчитываются по результатам испытания девяти опытов. Количество опытов определяется числом возможных сочетаний факторов, которые варьируются на трех уровнях. На рис. 1 представлена схема численного эксперимента.

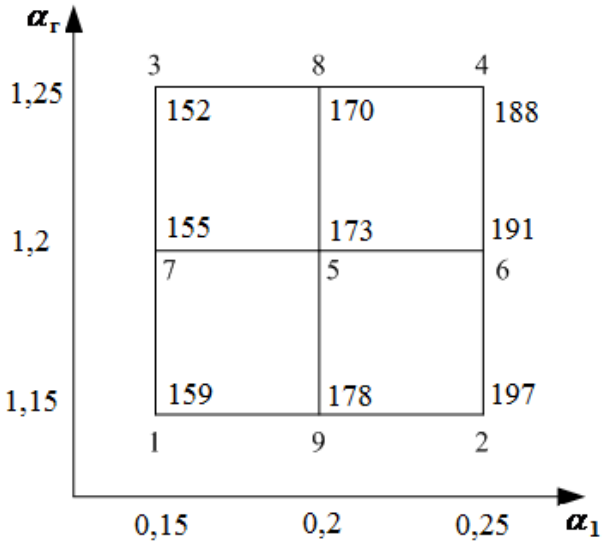


Рис. 1. Схема численного эксперимента

Для описания сложной нелинейной функции можно использовать ортогональный центральный композиционный план (ОЦКП) [1]:

$$C_{NO_x} = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ik} X_i X_k + \sum b_{ii} X_i^2 . \qquad (1)$$

Из условия ортогональности матрицы планирования значение «звездного» плеча при двух факторах ($n = 2$) $\alpha_г$ и α_1 равно единице.

В таблице представлена матрица ортогонального ЦКП при $n = 2$.

Таблица

Матрица ортогонального ЦКП при *n* = 2

Система опытов	Номер опыта, j	X_1	X_2	X_1X_2	X_1^*	X_2^*	C_{NO_x}, мг/м^3
Полный факторный эксперимент	1	-1	-1	+1	0,33	0,33	159
	2	-1	+1	-1	0,33	0,33	197
	3	+1	-1	-1	0,33	0,33	152
	4	+1	+1	+1	0,33	0,33	188
Опыт в «звездных» точках	5	0	0	0	-0,67	-0,67	173
	6	0	+1	0	-0,67	0,33	191
	7	0	-1	0	-0,67	0,33	155
	8	+1	0	0	0,33	-0,67	170
Опыт в центре плана	9	-1	0	0	0,33	-0,67	178

Число опытов факторного эксперимента $N = 9$.

$$X_1 = \frac{\alpha_г - 1{,}2}{0{,}05}; \qquad X_2 = \frac{\alpha_1 - 0{,}2}{0{,}05},$$

где X_1, X_2 – кодированные значения факторов.

Коэффициенты регрессии определяются по формулам [1]:

$$b_0 = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} C_{NO_x} - \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} b_{ii}\sum_{j=1}^{N} X_{ij}^2;$$

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^{N} X_{ji} C_{NO_x}}{\sum_{j=1}^{N} X_{ji}^2}; \quad b_{ii} = \frac{\sum_{j=1}^{N} X_{ji}^* C_{NO_x}}{\sum_{j=1}^{N} X_{ji}^{*2}}; \quad b_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^{N} X_{ji} X_{jk} C_{NO_x}}{\sum_{j=1}^{N} X_{ji}^2 X_{jk}^2} \qquad (i \neq k). \quad (2)$$

Значения концентраций C_{NO_x}, г/м^3, для матрицы ОЦКП и схемы эксперимента получены вариацией факторов $\alpha_г = 1{,}15 \div 1{,}25$ и $\alpha_1 = 0{,}15 \div 0{,}25$ на основе [3].

Величины коэффициентов регрессии получены по формулам (2):

$$b_0 = 174{,}2; \quad b_1 = -4; \quad b_2 = 18{,}33; \quad b_{12} = -0{,}5; \quad b_{11} = -1{,}605; \quad b_{22} = -2{,}605.$$

Выражение для расчета концентрации оксидов азота C_{NO_x}, мг/м^3, в продуктах сгорания имеет вид:

$$C_{NO_x} = 174{,}2 - 4\cdot\left(\frac{\alpha_г - 1{,}2}{0{,}05}\right) - 1{,}833\cdot\left(\frac{\alpha_1 - 1{,}2}{0{,}05}\right) -$$

$$-0{,}5\cdot\left(\frac{\alpha_г - 1{,}2}{0{,}05}\right)\left(\frac{\alpha_1 - 1{,}2}{0{,}5}\right) - 1{,}605\cdot\left(\frac{\alpha - 1{,}2}{0{,}05}\right)^2 - 2{,}605\left(\frac{\alpha_1 - 1{,}2}{0{,}05}\right)^2. \qquad (3)$$

Согласно методу Стьюдента, значимыми являются коэффициенты b_0, b_1 и b_2. Следовательно, уравнение (3) принимает вид:

$$C_{\mathrm{NO}_x} = 174{,}2 - 4 \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{г}} - 1{,}2}{0{,}05} \right) - 18{,}33 \cdot \left(\frac{\alpha_1 - 1{,}2}{0{,}05} \right). \quad (4)$$

Выполнив преобразования, получаем

$$C_{\mathrm{NO}_x} = 196{,}9 - 80\alpha_{\text{г}} + 366{,}6\alpha_1. \quad (5)$$

Погрешность метода составила от 0,01 до 8,23 %. Отклонение от расчетного значения считается удовлетворительным – не превышает 10 %.

На рис. 2, 3 приведены зависимости концентрации оксидов азота от коэффициента избытка воздуха в горелках и от коэффициента избытка первичного воздуха, полученные на основании уравнения (5).

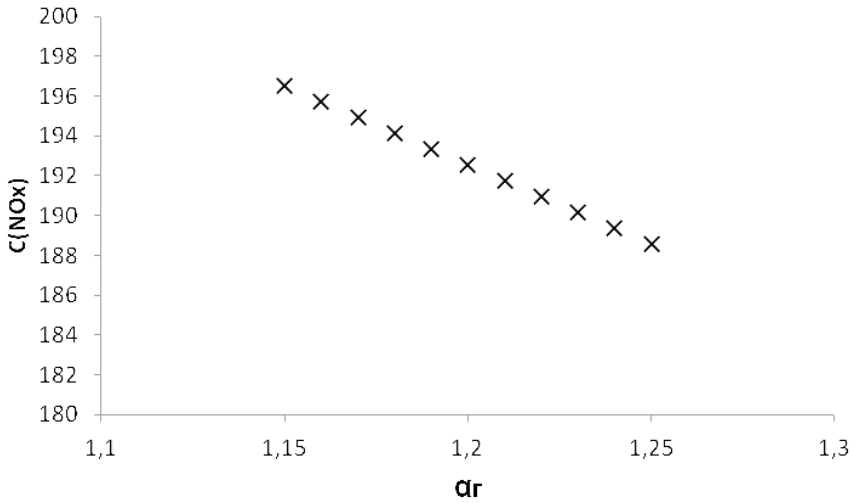


Рис. 2. Зависимость концентрации NO_x в уходящих газах котла от коэффициента избытка воздуха в горелках $\alpha_{\text{г}}$ при $\alpha_1 = 0{,}25$

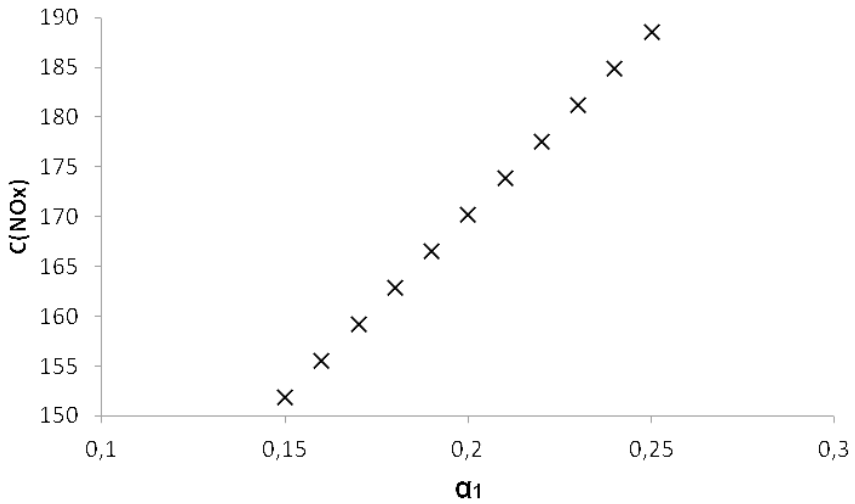


Рис. 3. Зависимость концентрации NO_x в уходящих газах котла от коэффициента избытка первичного воздуха α_1 при $\alpha_{\text{г}} = 1{,}25$

Из анализа рис. 2 видно, что концентрация оксидов азота практически линейно зависит от коэффициента избытка воздуха в горелках, уменьшается при росте $\alpha_г$. Минимальное образование NO_x в выбранном диапазоне изменения значений параметров $\alpha_г = 1{,}25$ и $\alpha_1 = 0{,}15$ соответствует концентрации 151,9 мг/м^3.

Аналогично в работе применен метод планирования эксперимента для нахождения зависимости концентрации NO_x от варьируемых параметров – коэффициента избытка воздуха $\alpha_г$ и степени рециркуляции воздуха *R*. Результаты приведены на рис. 4, 5.

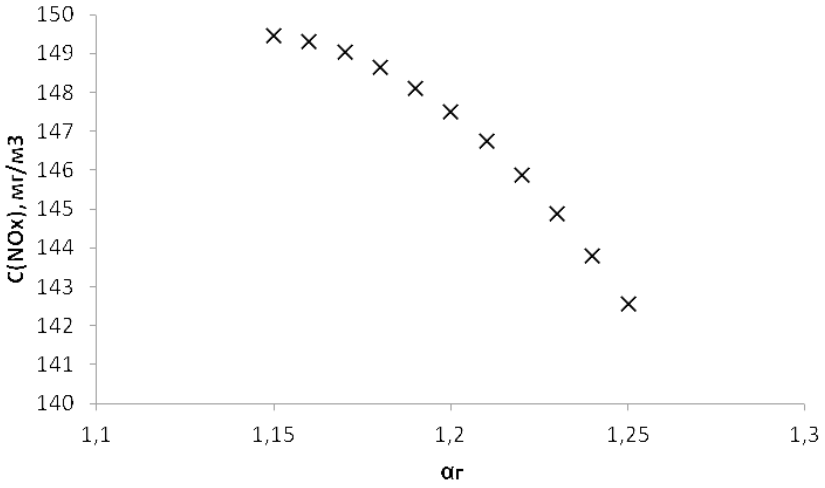


Рис. 4. Зависимость концентрации NO_x в уходящих газах котла от коэффициента избытка воздуха в горелках $\alpha_г$ при *R* = 30 %

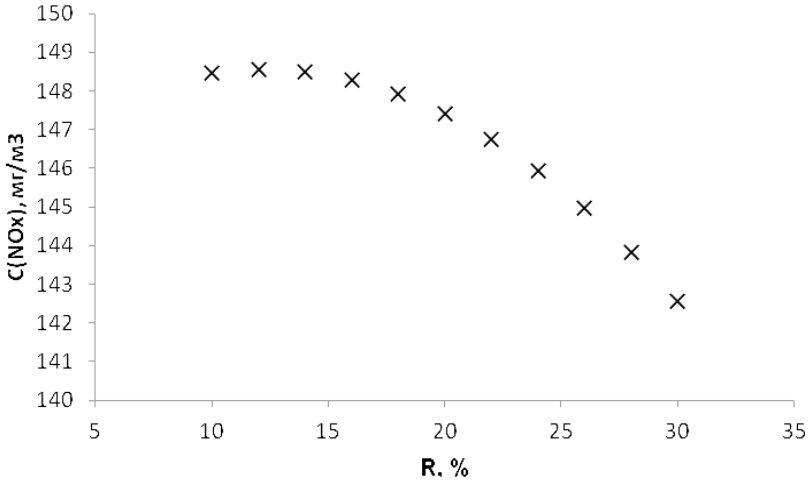


Рис. 5. Зависимость концентрации NO_x в уходящих газах котла от степени рециркуляции воздуха *R* при $\alpha_г = 1{,}25$

Значения концентрации NO_x, приведенные на рис. 5, получены вариацией факторов $\alpha_г = 1{,}15 \div 1{,}25$ и $R = 10 \div 30$ % по разработанной зависимости

$$C_{NO_x} = -609{,}8 + 1341\alpha_г + 0{,}2871R - 0{,}01892R^2 - 589{,}2\alpha_г^2 + 0{,}14\alpha_г R. \qquad (6)$$

Погрешность определения концентрации оксидов азота по уравнению (6) составляет не более 6,43 %.

Результаты расчетов показали, что концентрация NO_x уменьшается с повышением степени рециркуляции газов, коэффициента избытка воздуха в горелках и с уменьшением коэффициента избытка воздуха в топочной камере котла.

Полученные математические зависимости могут быть использованы в ходе проведения экспресс-анализа состава уходящих газов пылеугольных котлов БКЗ-500-140-1 для наладки малоэмиссионных режимов горения топлива с минимальным уровнем токсичности гетерогенных выбросов в отношении оксидов азота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шенк, Х. Теория инженерного эксперимента : Учебник для вузов / Х. Шенк. – М. : Мир, 1972. – 386 с.: ил.

2. Росляков, П. В. Методы защиты окружающей среды : Учебник для вузов / П. В. Росляков. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007. – 336 с.: ил.

3. РД 153-34. 02. 304-2003. Методические указания по расчету выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций. – М. : ОАО «ВТИ», 2003.

УДК 697.341

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ Г. ВОЛЖСКОГО

Е. Н. Целуйко – магистрантка
М. М. Султанов – канд. техн. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Одним из основных потребителей тепловой энергии является система теплоснабжения жилых, административных и производственных зданий, создаваемая для обеспечения комфортных условий жизнедеятельности человека.

Со вступлением в силу Федерального закона от 27 июля 2010 г. № 190 ФЗ «О теплоснабжении» (ст. 23. Организация развития систем теплоснабжения поселений, городских округов) появилась необходимость в модернизации существующей системы теплоснабжения г. Волжского в части повышения её эффективности, устойчивости и надёжности [1].

На территории г. Волжского расположены два источника централизованного теплоснабжения с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергий – ВТЭЦ и ВТЭЦ-2 ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго» (ВТЭЦ-2), а также котельные ООО «Тепловые сети». Данные источники имеют достаточный резерв мощности. Однако по причине дальнейшего строительства объектов жилой и промышленной инфраструктуры в г. Волжском для обеспечения качественного централизованного теплоснабжения новых потребителей предлагается осуществить переключение части потребителей от ВТЭЦ-2 к ВТЭЦ.

Самое важное, что такой способ не повлечет за собой строительства новых источников.

Следующим этапом в повышении эффективности существующей системы теплоснабжения г. Волжского может стать реконструкция изоляции тепловых сетей, в результате чего снизятся потери тепловой энергии в сети, потребление топлива на производство тепловой энергии, что приведет к снижению тарифа на тепловую энергию и увеличению эффективности использования топлива в системах теплоснабжения.

Наиболее рациональным в повышении производительности системы теплоснабжения г. Волжского может стать внедрение комбинированной схемы теплоснабжения с установкой теплообменников в существующих центральных (ЦТП) и индивидуальных (ИТП) тепловых пунктах потребителей в кварталах, подключенных по открытой схеме. Установка теплообменников в ИТП зданий является наиболее эффективным способом организации закрытой системы горячего водоснабжения (ГВС), так как исключаются затраты на строительство зданий и сетей ГВС в границах кварталов.

Также повысить эффективность существующей системы теплоснабжения г. Волжского может переход существующей системы теплоснабжения из качественно-количественного способа отпуска тепла потребителям в количественный.

На рисунке представлена схема теплоснабжения с зависимыми (с элеваторными тепловыми пунктами, Э) и независимыми потребителями (с центральными и индивидуальными тепловыми пунктами, ЦТП и ИТП). Температурный график теплосети большинства городов России с централизованной системой теплоснабжения является качественно-количественным (110/70, 150/70 ºС) [2]. Здесь $t_{пс} = f(t_{нв})$, где $t_{пс}$ – температура теплоносителя в подающей магистрали теплосети, ºС; $t_{нв}$ – температура наружного воздуха, ºС.

Рассмотрим, как изменятся энергетические характеристики системы, если $t_{пс}$ = const (например, 90 ºС), табл.

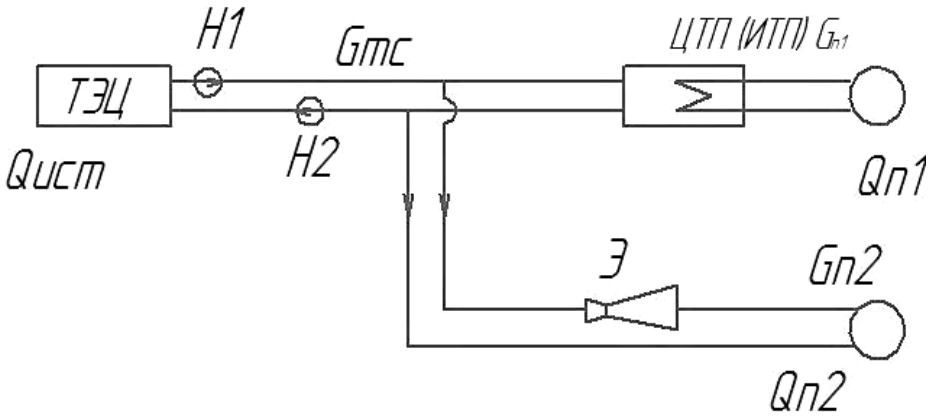


Рисунок. Схема теплоснабжения с зависимыми и независимыми потребителями:
ТЭЦ – теплоэлектроцентраль или котельная; H_1 – насос в подающей магистрали теплосети; H_2 – насос в обратной магистрали теплосети; $Q_{ист}$ – произведенное тепло на ТЭЦ; $Q_{п1}$, $Q_{п2}$ – тепловая энергия, отпущенная потребителям 1 и 2

Таблица

Показатели системы	По расходу теплоносителя			По потерям тепла	
	$G_{тс}$	$G_{п1}$	$G_{п2}$	$\Delta Q_{пс}$	$\Delta Q_{ос}$
150/70 ºС	1	1	1	1	1
90 ºС	<1	1	>1	>1	<1

Для систем теплопотребления с ЦТП расход теплоносителя в магистрали теплосети уменьшается, а потери тепла через изоляцию могут увеличиться при качественном регулировании ($t_{пс} < t_{пс} = 90$ ºС). Для систем теплоснабжения с элеваторами расход уменьшается за счет увеличения объема циркуляции у потребителя. Это положительно отразится на режиме обратной магистрали, где $t_{ос} \rightarrow \min$.

Внедрение новой системы регулирования отпуска тепловой энергии потребителям г. Волжского путем перевода на качественный способ позволит:

– повысить эффективность генерирующей системы;

– улучшить показатели работы тепловых сетей;

– обеспечить сдерживающий фактор повышения тарифа на отпуск тепловой энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон № 190 «О теплоснабжении» от 27.07.2010 г.

2. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : Учебник для вузов / Е. Я. Соколов. – М. : МЭИ, 1999. – 472 с.: ил

УДК 621.311.22

ВЛИЯНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВА НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО КОТЛА

Е. А. Бетуганова – магистрантка

М. С. Иваницкий – канд. техн. наук, доцент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Сжигание высокозольного топлива в энергетических котлах приводит к значительному образованию в продуктах сгорания твердых частиц (сажистых и коксовых). Использование в последнее время на электростанциях непроектных низкосортных углей ввиду удорожания транспортных расходов в некоторых случаях снижает надежностные показатели эксплуатации энергоблоков, что приводит к необходимости выявления наиболее перспективного для применения топлива с оптимальными рабочими характеристиками. Целью данной работы является определение зависимости температуры в зоне активного горения топочной камеры от приведенных зольности и влажности различных марок угля

и сравнительный анализ влияния режима работы котла на температуру в топке [1, 2], рис. 1, 2.

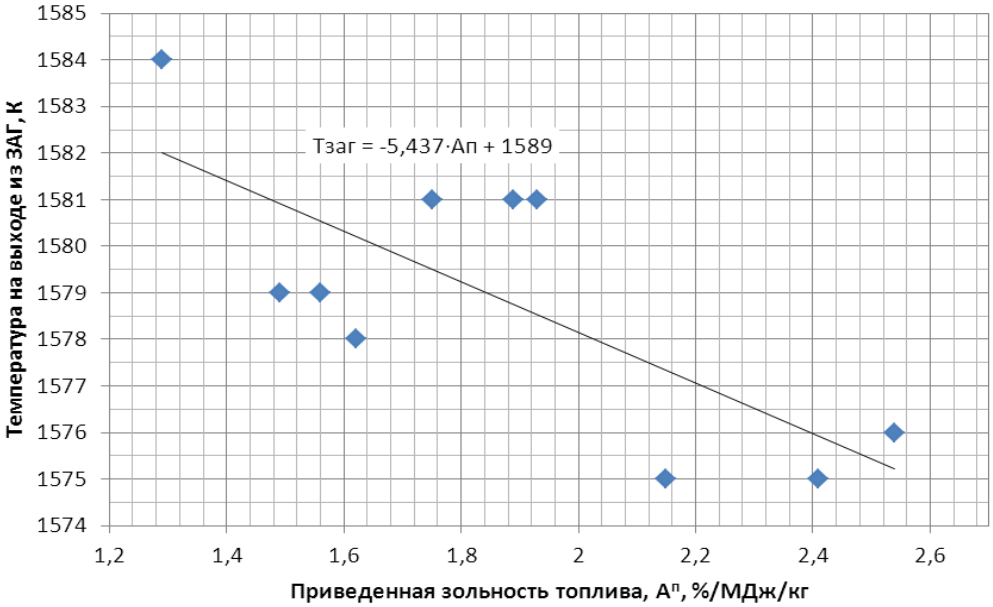


Рис. 1. Зависимость изменения температуры на выходе из зоны активного горения от приведенной зольности топлива для номинального режима работы котла

Анализируя рис. 1, можно сделать вывод, что с увеличением зольности топлива температура внутри топки уменьшается линейно. При повышении приведенной зольности золы от 1,3-2,6 %/(МДж/кг) температура на выходе из зоны активного горения (ЗАГ) уменьшилась примерно на 10 °С. Точки на рис. 1, 2 получены расчетным способом на основе [1].

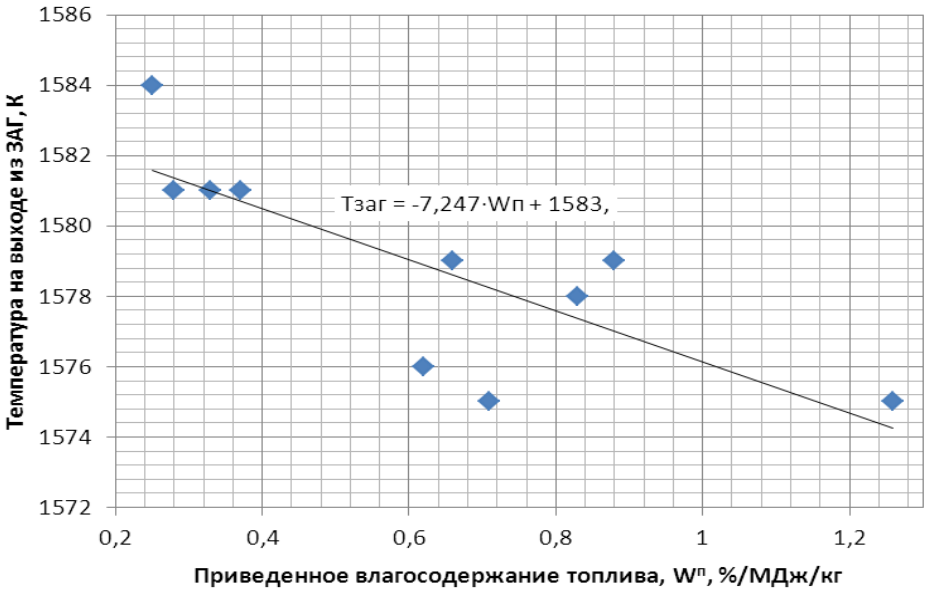


Рис. 2. Зависимость изменения температуры на выходе из зоны активного горения топочной камеры от приведенного влагосодержания топлива в номинальном режиме работы котла

Графическая зависимость, приведенная на рис. 2, показывает, что в условиях роста приведенной влажности топлива от 0,2-1,2 %/(МДж/кг) температура на выходе из топочной камеры котла уменьшается на 10 °С.

Результаты проведенных расчетов показали, что в рассмотренных условиях, несмотря на высокие значения приведенной зольности и влажности топлива, понижение температуры на выходе из ЗАГ топочной камеры не превышает погрешности расчета. Поэтому наиболее эффективным является использование непроектных топлив Печорского, Карагандинского, Ткварчельского, Партизанского месторождений вследствие обеспечения стабильного шлакования и бесперебойного удаления золы в холодную воронку в пределах значительного изменения нагрузки от 40 до 100 %, надежного участия энергоблока в регулировании мощности энергосистемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Росляков, П. В. Методы защиты окружающей среды : учебник для вузов / П. В. Росляков. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007. – 336 с.: ил.

2. Бетуганова, Е. А., Иваницкий, М. С. Исследование закономерностей осаждения частиц при электрофильтрации / Е. А. Бетуганова, М. С. Иваницкий // Межрегиональная научно-практическая конференция «Моделирование и создание объектов энерго- и ресурсосберегающих технологий», г. Волжский, 17 декабря 2015 г. : Сборник материалов конференции. – Волжский : Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2015. – С. 123-125.

УДК 697.9(075.8)

КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЕЛЬНОЙ

Е. В. Семенова – бакалавр
Д. С. Бунин, А. А. Пруцков – магистранты
М. В. Одоевцева – канд. техн. наук, профессор
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Затраты на водоподготовку – это неотъемлемая часть эксплуатационных расходов промышленных и энергетических предприятий. Водоподготовка для котельной предназначена, в первую очередь, для обеспечения продолжительной и отлаженной работы промышленных котельных. Зачастую низкое качество воды способствует быстрому изнашиванию оборудования, что приводит к неоправданно высоким затратам на ремонт и модернизацию. С помощью правильно подобранных систем промышленной очистки воды не только продлевается срок эксплуатации котельного оборудования, но и улучшаются показатели его работы. Отсутствие или недостаточно качественная водоподготовка приводят к тому, что находящиеся в воде примеси (растворенные и взвешенные) вызывают коррозионные повреждения или отложения на поверхности оборудования, снижая

при этом их эксплуатационные характеристики и вызывая аварийные остановки с выходом оборудования из строя.

Наиболее привлекательным направлением совершенствования энергохозяйства является внедрение технологий, позволяющих достичь желаемого эффекта без существенного изменения режимов работы основных технологических систем. Это становится возможным при внедрении дополнительных подсистем, максимально эффективно влияющих на качество питательной воды и, как следствие, на основное и вспомогательное оборудование котельной.

Решение комплексной задачи по модернизации схемы подготовки воды для паровой котельной промышленного предприятия возможно путем частичной замены и модернизации технологического оборудования котельной.

Модернизация котельной предполагает:

1) проектирование системы энергоснабжения паровой котельной с применением энергосберегающих технологий, которая включает разработку системы освещения, заземления, выбор токопроводов, распределительных шкафов, защитной аппаратуры, высоковольтного кабеля, силового оборудования;

2) включение в схему подготовки воды установки обратного осмоса с целью направленного регулирования щелочности и солесодержания умягченной воды;

3) целевое применение вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) для повышения эффективности реализации технологического процесса;

4) исключение дополнительного расхода питьевой воды на охлаждение продувок котла.

Традиционная схема подготовки воды для паровых котельных – Na-катионирование – применяется для умягчения природных вод. Однако карбонатная щелочность умягченной воды в 2 раза превышает рекомендуемую величину.

Внедрение установки обратного осмоса в схему подготовки воды для паровой котельной промышленного предприятия приведет к снижению щелочности и солесодержания подготовленной воды [1].

Исследования проводились на экспериментально-обучающей лабораторной установке обратного осмоса (УОО) с мембраной TW 30-1812-50 фирмы FILMTEC. Авторами изучалось влияние давления на показатели качества воды после установки обратного осмоса. Результаты проделанной работы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели качества пермеата установки обратного осмоса

Показатели	**Вода после II ступени ХВО**	***P*, МПа**			
		0,3	**0,4**	**0,5**	**0,7**
Жо, мг-экв/дм^3	0,018	0,012	0,010	0,006	0,004
Що, мг-экв/дм^3	2,500	0,080	0,070	0,062	0,052
Cl, мг/дм^3	34,03	3,55	2,84	2,70	2,65
æ, мкс/см	500,0	6,0	2,6	2,4	2,2
Na, мг/дм^3	32,400	0,409	0,364	0,290	0,220
pH	8,00	5,92	5,86	5,80	5,70

На основании полученных данных построена зависимость щелочности пермеата (рисунок) от формируемого давления.

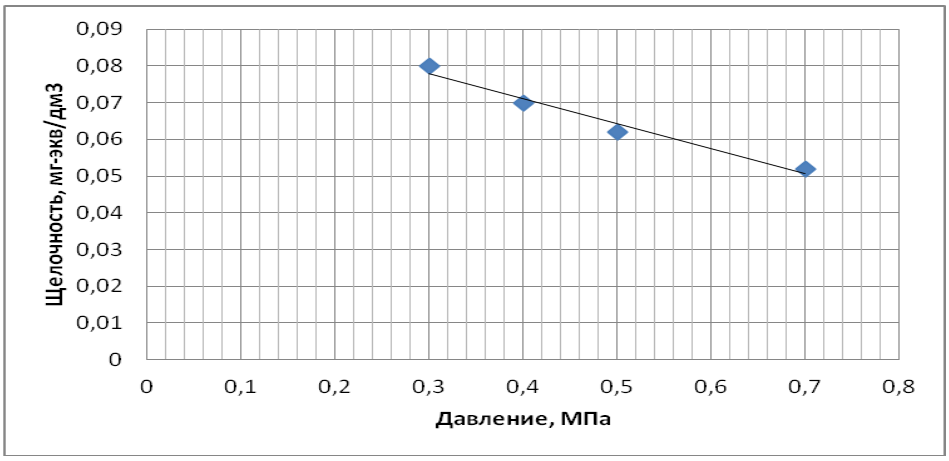


Рисунок. Зависимость щелочности пермеата от задаваемого давления

В результате исследований установлено, что уже при давлении 0,3 МПа общая щелочность воды имеет минимальное значение.

Авторами определена оптимальная величина подмеса химочищенной воды к пермеату для получения добавочной воды с общей щелочностью не более 0,65 мг-экв/дм^3. Установлено, что наилучшее соотношение пермеата УОО и умягченной воды после Na-катионитных фильтров – 80 к 20 %. В табл. 2 приведены результаты лабораторных испытаний.

Таблица 2

Влияние величины подмеса Na-катионированной воды к пермеату УОО на общую щелочность воды

I стадия УОО	Na-катионирование, II ступень	Що, мг-экв/дм^3
10 %	90 %	2,70
20 %	80 %	2,20
50 %	50 %	1,46
80 %	20 %	0,65
90 %	10 %	0,32

Авторами выявлено, что направленное регулирование величины щелочности и солесодержания добавочной воды достигается путем регулирования потоков: часть концентрата от установки обратного осмоса в количестве 1 м^3/ч возвращается в голову установки и подмес в количестве 1 м^3/ч хим.очищенной воды к пермеату, концентрат в количестве 0,14 м^3/сут. применяется для приготовления раствора соли, оставшаяся часть концентрата возвращается для умягчения на Na-катионитные фильтры.

Авторами рассчитано, что направленная корректировка качества воды с использованием мембранной установки снизит солесодержание питательной воды котлов с 280 до 70 мг/дм^3, уменьшит величину продувки котла и сократит

объем сточных вод в 4 раза. Так как на подогрев 1 $м^3$ питательной воды в промышленной котельной расходуется 31,5 $м^3$ газа, то ожидаемая экономия природного газа после модернизации схемы подготовки воды составит 183 708 $м^3$/год.

Авторами рассчитано, что использование периодической и непрерывной продувки парового котла АХ-1750 позволит нагреть исходную (питьевую) воду перед стадией её умягчения до 15-20 °С. Внедрение новой схемы исключит дополнительные расходы питьевой воды для охлаждения периодической и непрерывной продувки котла:

• зимой – с 136,8 $м^3$/сут. (49 248 $м^3$/год) до 34,2 $м^3$/сут. (12 312 $м^3$/год);

• летом – с 181 $м^3$/сут. (65 160 $м^3$/год) до 45,3 $м^3$/сут. (16 290 $м^3$/год),

и позволит регулировать температуру исходной воды с целью повышения эффективности её умягчения [2]. Габаритные размеры пластинчатого теплообменника для нагрева воды перед стадией её умягчения – 650 × 400 × 1665 мм.

Предлагаемые авторами мероприятия по использованию ВЭР для регулирования температурного режима процесса умягчения воды – сокращение потребления исходной (питьевой) воды на технологические нужды и внедрение передовой мембранной технологии – позволят повысить ресурсо- и энергоэффективность промышленной котельной. Экономия годовых затрат денежных средств на расходные материалы после модернизации котельной составит 943 748 руб. Срок окупаемости предлагаемой модернизации паровой котельной промышленного предприятия – 2 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семёнова, Е. В. О модернизации водоподготовительной установки промышленной котельной / Е. В. Семёнова, А. О. Криуля, М. В. Одоевцева // Межрегиональная научно-практическая конференция «Моделирование и создание объектов энерго- и ресурсосберегающих технологий», г. Волжский, 17 декабря 2015 г. : Сборник материалов конференции. – Волжский : Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2015. – С. 80-83.

2. Шкроб, М. С., Прохоров, Ф. Г. Водоподготовка и водный режим паротурбинных электростанций / М. С. Шкроб, Ф. Г. Прохоров. – М. : Госэнергоиздат, 1961. – С. 471.

УДК 628.1

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ЗАСОЛЕННЫХ СТОКОВ

Е. А. Макаренко – магистрант
М. В. Одоевцева – канд. техн. наук, профессор
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Актуальность работы продиктована необходимостью минимизировать вредное воздействие водоподготовительных установок (ВПУ) теплоэнергетических и промышленных предприятий на окружающую среду в рамках реализации

законов ФЗ РФ от 07.12.2011 № 416-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О водоснабжении и водоотведении» и ФЗ от 21.07.2014 № 219-ФЗ (ред. от 29.12.2014) «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды».

Из существующих схем подготовки воды с применением ионитных материалов на промышленных предприятиях наибольшее распространение получило натрий-катионирование, сточные воды при этом методе умягчения воды содержат высокие концентрации ионов кальция, магния, значительно превышающие их концентрации в природной воде.

Популярные сегодня мембранные технологии формируют концентрат с высоким содержанием солей. Объем сточных вод таких установок составляет более 20 % от производительности водоподготовительной установки.

Разработка методов сокращения высокоминерализованных солевых стоков ТЭЦ является актуальной технической и эколого-экономической задачей, так как степень замкнутости и безотходности производственного цикла во многом определяет экономичность и экологическую эффективность работы водоподготовительного оборудования.

Сегодня существует ряд малосточных водоподготовительных установок, но пропорционально масштабу проблем водоиспользования их реализация – это лишь малый шаг в решении данного вопроса. В связи с этим разработка комбинированного метода очистки засоленных стоков, включающего предмембранную подготовку и последующее разделение стоков на вторичный регенерационный раствор для натрий-катионитных фильтров и частично обессоленную воду, возвращаемую в основной производственный цикл промышленных предприятий, является актуальной.

Студентами филиала МЭИ в г. Волжском было установлено, что жесткость засоленных стоков после натрий-катионитных фильтров максимально снижается при использовании содоизвесткования и при ионировании концентрата установки обратного осмоса (УОО). Процесс содоизвесткования проводился студентами филиала МЭИ на модельных растворах и засоленных стоках ВПУ промышленного предприятия. Общая жесткость ($Ж_о$) засоленных стоков промышленных предприятия равна 60-250 мг-экв/дм^3. Оптимальные дозы реагентов для умягчения засоленных стоков определены экспериментально.

Результаты исследований представлены на рис. 1-3.

Процесс умягчения засоленных стоков в лабораторных условиях максимально согласуется с производственными режимами. Результаты экспериментов показывают, что обработка засоленных стоков известью и содой позволяет снизить концентрацию ионов жесткости до 0,1-0,5 мг-экв/дм^3. Достигаемый результат в 40-52 раза лучше, чем по известной методике [3]. Значения pH умягченных стоков регулировались до величины 10,0-10,2.

Максимальный эффект снижения всех форм жесткости достигается при умягчении стоков с $Ж_о$ 60-160 мг-экв/дм^3 (рис. 3). Эффективность умягчения стоков с жесткостью 210-250 мг-экв/дм^3 снижается в 40-50 раз. Полученный результат свидетельствует о том, что реагентное умягчение засоленных стоков

эффективнее реализовывать с $Ж_о$ на уровне 60-160 мг-экв/дм^3. Предмембранное умягчение концентрата установки обратного осмоса производилось реагентным методом и с применением Na-катионитных фильтров. Умягчение концентрата реагентным методом не дало желаемого результата. После Na-катионитных фильтров общая жесткость ($Ж_о$) концентрата снизилась от 15,00 до 0,03 мг-экв/дм^3, $Ж_{Ca}$ – до 0,02 мг-экв/дм^3.

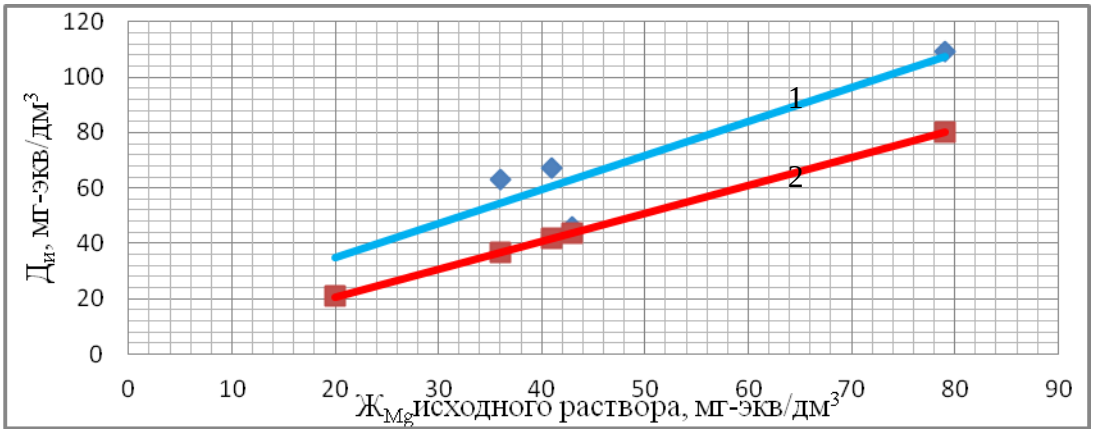


Рис. 1. Зависимость дозы извести от магниевой жесткости раствора: кривая 1 – доза извести экспериментальная; кривая 2 – доза извести расчетная

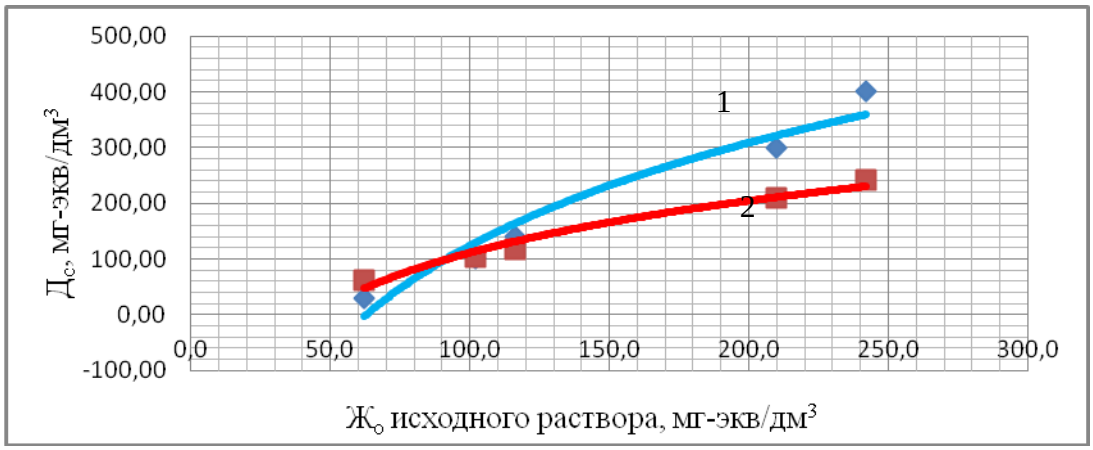


Рис. 2. Зависимость дозы соды от исходной общей жесткости раствора: кривая 1 – доза соды экспериментальная; кривая 2 – доза соды расчетная

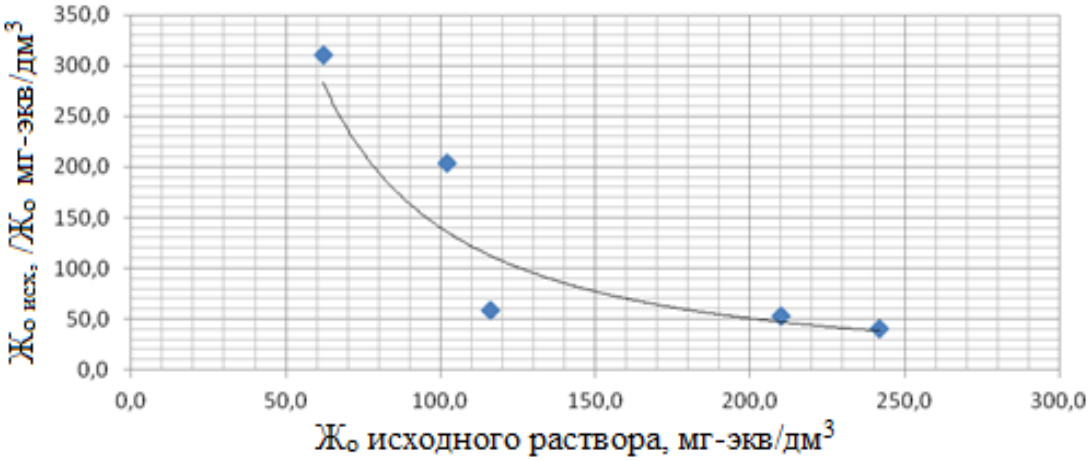


Рис. 3. Степень умягчения стоков от исходной $Ж_о$ анализируемых растворов

Эффективность концентрирования умягченных стоков оценивалась численным методом и на экспериментально-обучающей установке обратного осмоса (УОО). В результате численного моделирования определены рекомендуемые величины: pH умягченных засоленных стоков – 6,9-8,3, конверсия – 50 %, кратность циркуляции – 3. Данные численного моделирования подтверждены экспериментально. С использованием экспериментально-обучающей УОО показано, что концентрация умягченных стоков при кратности циркуляции 3 возрастает от 1,5 до 5,0 г/дм^3. Среднее значение солесодержания пермеата обратноосмотической установки при концентрировании умягченных стоков – 79-81 мг/дм^3. Таким образом, применение комбинированного метода очистки засоленных стоков позволяет сформировать из умягченных стоков схем подготовки воды два целевых продукта: частично умягченную воду (пермеат) и концентрированный раствор солей натрия. Солесодержание первого потока в 4 раза меньше, чем солесодержание исходной воды. Возвращение этого потока на ВПУ промышленного предприятия или ТЭЦ снизит потребление исходной воды. Второй поток эффективно использовать как основу для регенерационного раствора Na-катионитных фильтров, что снизит расходы водоподготовительной установки на собственные нужды.

Совместное применение водоподготовительной установки на ТЭЦ или на промышленных предприятиях и комбинированного метода очистки засоленных стоков повысит рациональность использования исходной воды и снизит суммарное воздействие ВПУ на окружающую среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авторское свидетельство СССР по заявке № 2619081/23-26 кл. С 02 F9/00 23.05.78.

2. Описание изобретения к авторскому свидетельству № 85311 от 30.08.81. Бюллетень № 32.

3. Кострикин, Ю. М., Мещерский, Н. А. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления : Справочник / Ю. М. Кострикин, Н. А. Мещерский. – М. : Энергоатомиздат, 1990.

УДК 69.002.5

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ГИС-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

И. М. Гусев, А. В. Смирнова – студенты
В. Н. Азаров – д-р техн. наук, профессор
МГУ, г. Москва, Россия

Для большинства крупных городов характерно интенсивное загрязнение атмосферы. Причем одной из характерных особенностей застроенных территорий является дифференциация концентраций загрязняющих веществ в различных

районах города. На окраинах наблюдается невысокий уровень загрязнения, тогда как в крупных промышленных зонах он резко возрастает. В центральных районах концентрации загрязняющих веществ поднимаются на максимальный уровень. Данное различие объясняется несколькими причинами. Во-первых, в центре города наблюдается интенсивное движение автотранспорта. Во-вторых, в центральных районах температура атмосферного воздуха обычно на несколько градусов выше, чем на окраине города. Все это приводит к появлению над центрами городов восходящих воздушных потоков, засасывающих загрязненный воздух из промышленных районов [5].

Анализ существующих программных комплексов для моделирования динамики воздушных потоков показал, что они опираются на стандартные методы вычислительной гидродинамики: метод конечных элементов для несжимаемой жидкости и методы интегрирования уравнений Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости. На рис. 1 изображена диаграмма развертывания программных модулей разработанной специализированной ГИС на безе программного комплекса «AirFlowBuild», который является наиболее оптимальным для моделирования динамики воздушных потоков на территориях, задействованных в земляных работах [1–3]. Основной функционал программного комплекса распределяется следующим образом: интерфейс пользователя осуществляет контроль над всей геоинформационной системой; модуль работы с картой содержит функции открытия карты, добавления, удаления существующих зданий, строительных объектов и отображения карты пользователю; модуль визуализации 3D отвечает за построение 3D-модели рельефа; расчетный модуль включает в себя блок расчета динамики примесей и аэрозолей, решающий уравнение диффузии по численным схемам, и блок «Газовая динамика», который является внешним подключаемым модулем.

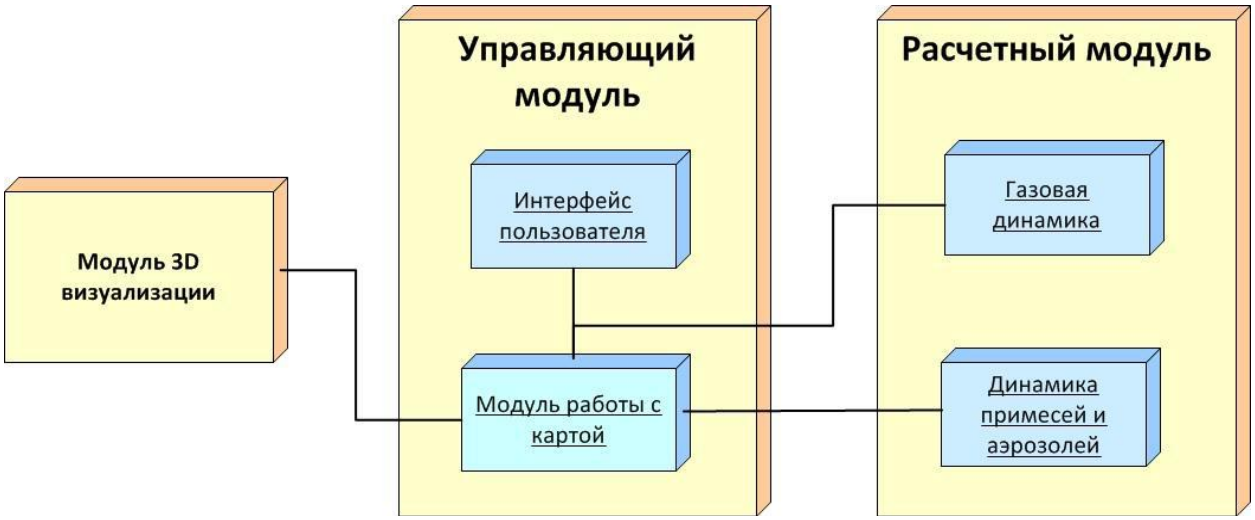


Рис. 1. Диаграмма развертывания программных модулей

Разработанная информационная модель специализированной ГИС для моделирования динамики воздушных потоков предоставляет пользователям такие возможности, как:

а) работу с картографическими данными, в частности, с картами рельефа местности в форматах 2D и 3D в различных вариантах отображения карты и объектов на карте;

б) выбор участка территории в любом масштабе, нанесение на карту существующих сооружений, объектов строительства и других конструкций (рис. 2);

в) экспорт карт в формат .grd;

г) построение срезов поверхности по выделенной траектории (рис. 3);

д) расчет динамики воздушных потоков и распространения загрязняющих примесей на территориях строительства в зонах с антропогенной застройкой осуществляется по двум методам: с использованием явной и неявной численных схем. Если выбранный пользователем метод не является оптимальным для данного расчета, система извещает об этом пользователя и предлагает провести расчет по другому методу. Проверка оптимальности решения по выбранной численной схеме осуществляется по условию

$$\frac{h}{\left|\vec{V}\right|} > \delta \frac{h^2}{2D},$$

где $\delta = 3$; если данное условие выполняется, то используется неявная численная схема;

е) визуализация произведенных расчетов путем построения 2D и 3D-моделей (рис. 4).

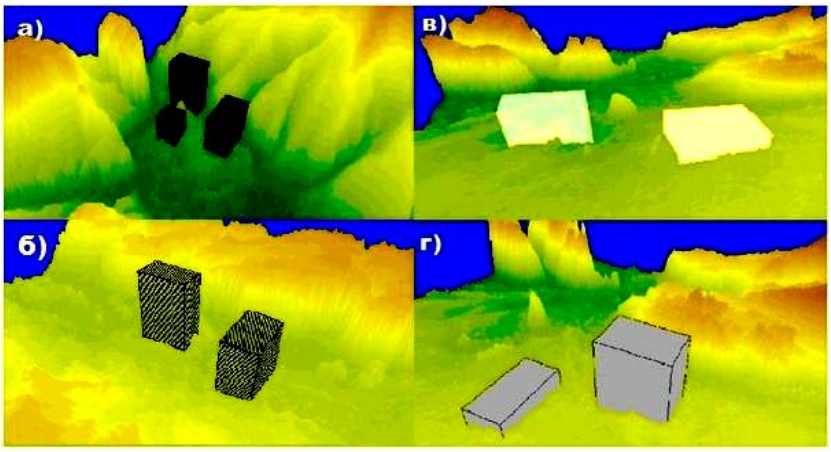


Рис. 2. Построение 3D-модели существующего застроенного массива с размещением строительного объекта: а – сплошной черный каркас; б – черный контур; в – черный контур и серый каркас; г – полупрозрачный каркас

Таким образом, программно реализован управляющий модуль «AirFlowBuild», включающий в себя интерфейс приложения и модуль для работы

с картой и её объектами. Реализованный модуль визуализации 2D и 3D-карт и расчетов позволяет строить двух- и трехмерную модель рельефа местности в различных вариантах отображения карты и объектов на карте. Разработанный расчетный модуль позволяет моделировать динамику распространения примесей и аэрозолей с учетом внешних нестационарных факторов.

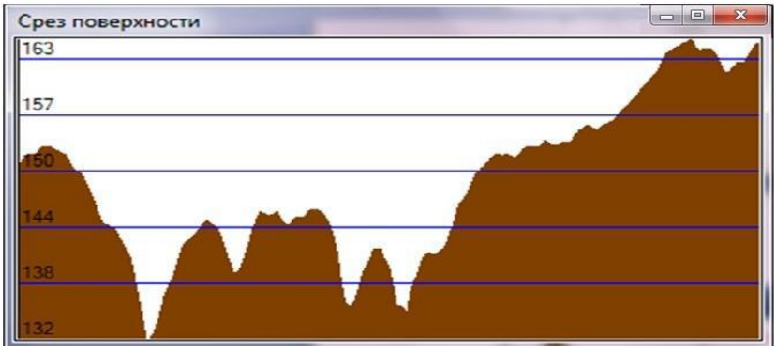


Рис. 3. Отображение среза поверхности

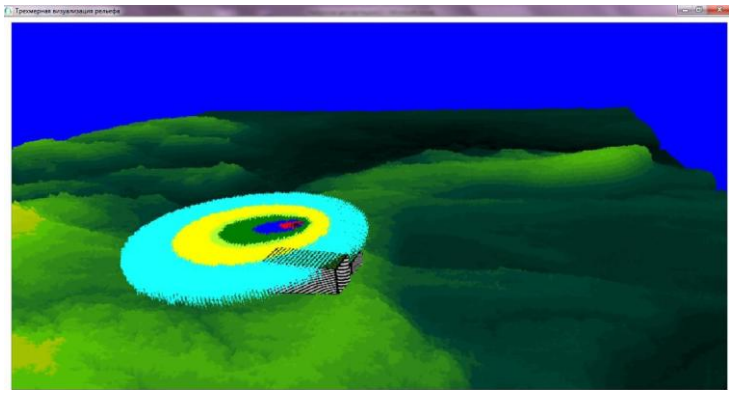


Рис. 4. Расчет распространения примеси. Ветер восточный

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азаров, В. Н. Методика микроскопического анализа дисперсного состава пыли с применением персонального компьютера (ПК) / В. Н. Азаров, В. Ю. Юркин, Н. М. Сергина // Законодательная и прикладная метрология. – 2004. – № 1. – С. 46-48.

2. Малярчук, Ю. Д., Храпов, С. С. Информационная модель специализированной ГИС для моделирования динамики воздушных потоков / Ю. Д. Малярчук, С. С. Храпов // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2013. – № 5-1. – С. 79-83.

3. Малярчук, Ю. Д., Храпов, С. С. Специализированная геоинформационная система для моделирования динамики воздушных потоков на территориях с антропогенной застройкой / Ю. Д. Малярчук, С. С. Храпов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013616685 от 16.07.2013. Заявка № 2013614300 от 21.05.2013.

4. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. – Новороссийск : ЗАО «НИПИОТСТРОМ», 2002. – 28 с.

5. Carslaw, D., Carslaw, N. The gas-phase chemistry of urban atmospheres / D. Carslaw, N. Carslaw // Surveys in Geophysics, V. 22-1, 2001. – Springer Science+Business Media B.V., Formerly Kluwer Academic Publishers B.V. P. 31-53.

УДК 621.548

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В ВОЛНОВЫХ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ВЕТРОДВИГАТЕЛЯХ

С. С. Гришин – доцент кафедры ТЭиТТ
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Развитие мирового производства энергии за счёт возобновляемых источников приобрело устойчивый характер и развивается быстрыми темпами. При этом на солнечную и ветроэнергетику сейчас приходится 77 % новых вводов генерирующих мощностей, что является рекордным приростом мощностей.

Из всего установленного объёма мощностей возобновляемых источников (ВИЭ) электроэнергетики доля, приходящаяся на энергию ветра, составляет 3,7 %, уступая только гидроэнергетике (16,6 %), величина производства которой определяется в основном традиционной гидроэнергетикой крупных ГЭС, развивающейся уже более века. По данным отчёта Renewables Global Status Report 2016 [3], международной организации REN21, установленная мощность ветрогенераторов в 2015 г. в мире составила 433 ГВт, показав устойчивый относительный прирост по сравнению с 2014 г. (370 ГВт).

В настоящее время в мире более 90 % эксплуатирующихся ветроэнергетических установок (ВЭУ) – это так называемые горизонтально-осевые репеллерные установки. Основная доля ветродвигателей этого вида принадлежит к одноколёсным ветродвигателям, использующим для вращения подъёмную силу, действующую на ведомый винт (репеллер), расположенный параллельно потоку, ещё их называют крыльчатыми ветродвигателями (ВД).

Ветродвигатели с осью, перпендикулярной потоку, также находят применение, как правило, в ВЭУ меньшей мощности. Для ветродвигателей этого класса ось вращения ВД может быть расположена как вертикально (ортогональные ВД), так и горизонтально (коллинеарные ВД) по отношению к поверхности земли. Известным преимуществом ВД с вертикальной осью вращения является независимость их функционирования от направления ветрового потока, в связи с чем отпадает необходимость во всех системах и механизмах ориентации на ветер. В качестве сил, приводящих ВД с осью, перпендикулярной потоку, в движение, также может выступать как подъёмная сила (лифт-машины), так и сила аэродинамического сопротивления (драг-машины).

Несмотря на вполне сложившуюся практику применения ВД появляются новые конструкции ВД, не укладывающиеся в рамки принятой классификации. Их можно рассматривать как инновационные ВД.

Одним из таких ВД является волновой ветродвигатель, представляющий собой автоколебательную систему для преобразования энергии ветровых и водных потоков [4–12, 14]. Рабочим элементом таких ВД является крыло, которое совершает под действием набегающего потока автоколебательные движения.

При этом описываемые им в пространстве траектории аналогичны траектории тела, плавающего на возмущённой границе раздела жидкой и газообразной среды, с той разницей, что колебания совершаются не на границе раздела сред, а внутри потока. Частота и амплитуда совершаемых крылом колебаний определяется параметрами колебательной системы ВД и величиной потока энергии, подводимой к крылу [13].

Автоколебания – вид незатухающих колебаний, параметры которых (амплитуда, частота, фаза и т. д.), оставаясь постоянными в течение продолжительного интервала времени, не зависят от начальных условий, а определяются только свойствами самой автоколебательной системы.

Автоколебательная система – система, способная совершать неограниченно долго незатухающие колебания за счёт источника энергии, который может находиться как внутри автоколебательной системы, так и за её физическими границами, при этом периодический процесс колебаний создаётся за счёт непериодического источника энергии.

При автоколебаниях сама автоколебательная система порождает действующую на неё внутреннюю периодическую силу, действие которой само по себе ещё не приводит к автоколебаниям, если в автоколебательной системе не существует специального механизма, именуемого «обратная связь», который и регулирует периодическое поступление энергии после каждого периода колебаний для компенсации её потери, вызванного диссипацией энергии. Поступление компенсирующей порции энергии должно происходить по определённому закону, в такт с собственными колебаниями системы, без соответствующей синхронизации поступающей энергии и собственных колебаний существование автоколебаний невозможно.

Таким образом, неотъемлемым условием существования автоколебаний является наличие колебательной системы, источника энергии и механизма обратной связи между ними.

Уравнение, описывающее автоколебания, в самом общем виде можно представить как дифференциальное уравнение второго порядка вида [1]

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = F(x, \dot{x}) - 2h\dot{x} = f(x, \dot{x}). \qquad (1)$$

Для существования автоколебаний необходимо, чтобы

$$h < 0,\ F > 0,\ \omega^2 > h^2.$$

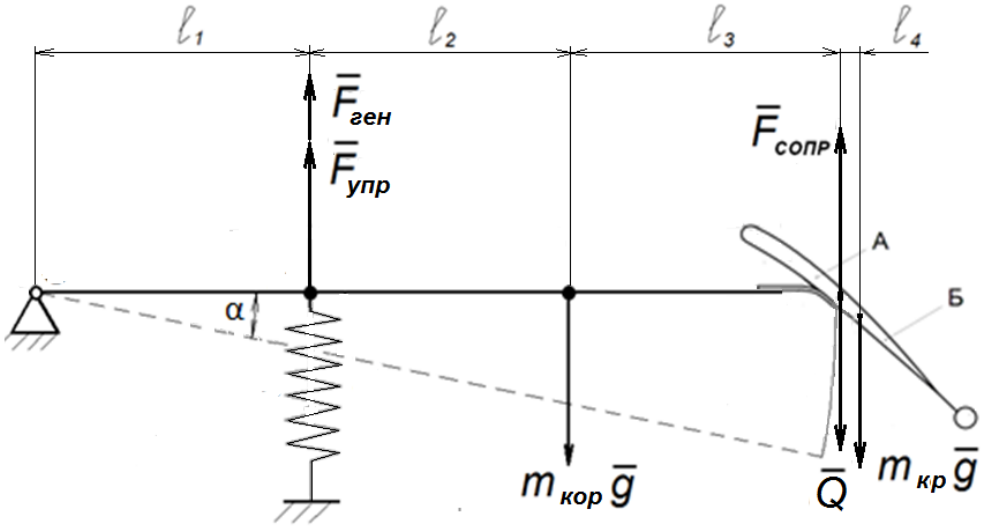
В простейшем случае функция $F(x, \dot{x})$ от x может не зависеть, в этом случае

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = \psi(\dot{x}). \qquad (1')$$

Для обоснования возможности существования у ветродвигателя автоколебательного режима рассмотрим колебательную систему, кинематическая

схема которой представлена на рисунке [8]. Система способна совершать колебания под действием свободного потока газа или жидкости.

Система представляет собой груз, закреплённый на задней кромке крыла и связанный с коромыслом плоским упругим элементом, при этом коромысло опирается на пружину сжатия.



Рисунок

Под действием ветрового потока крыло выходит из состояния равновесия. Если оно занимает положение, при котором угол атаки крыла принимает положительное значение, то происходит подъем крыла вверх. Вместе с ним поднимается коромысло. Ход коромысла вверх ограничен пружиной, и в тот момент, когда оно остановится, крыло будет поворачиваться вокруг центра сопротивления А, так как центр его тяжести Б расположен ниже. В момент, когда угол атаки станет отрицательным, на крыло начнёт действовать сила, перемещающая его вниз. Действие крыла на коромысло будет передаваться опосредованно за счёт силы упругости плоской пружины, связывающей крыло с коромыслом. В результате коромысло будет опускаться вниз, пока пружина, ограничивающая его ход, не сожмётся. В тот момент, когда коромысло перестанет опускаться, крыло за счет поворота вокруг точки сопротивления вновь займет положение, при котором угол атаки примет положительное значение, и крыло, а вместе с ним и коромысло, начнут подниматься вверх. Далее цикл повторяется. Коромысло и крыло показаны в положении равновесия, при их движении вниз.

Для описания системы воспользуемся уравнением Лагранжа 2-го рода:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\alpha}}\right)-\frac{\partial T}{\partial \alpha}=-\frac{\partial U}{\partial \alpha}-\frac{\partial \Phi}{\partial \dot{\alpha}}+Q(t). \qquad (2)$$

В этом уравнении в качестве обобщённой координаты взят угол α отклонения коромысла от положения равновесия.

Кинетическая энергия колебательной системы

$$T = \frac{I\dot{\alpha}^2}{2}, \tag{3}$$

где I – момент инерции коромысла, учитывающий наличие крыла и груза.

Тогда

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\alpha}} = I\dot{\alpha}; \tag{4}$$

$$\frac{\partial T}{\partial \alpha} = 0. \tag{5}$$

Потенциальная энергия колебательной системы

$$U = U_{\text{кор}} + U_{\text{кр}} + U_{\text{ген}} + U_{\text{п}}, \tag{6}$$

где $U = U_{\text{кор}}, U_{\text{кр}}, U_{\text{ген}}$ – потенциальные энергии коромысла, крыла с грузом и рабочих частей генератора; $U_{\text{п}}$ – потенциальная энергия деформированной пружины.

Общий вид потенциальных энергий, связанных с действующими в колебательной системе силами тяжести и силой упругости деформированной пружины, в процессе колебаний может быть представлен как:

$$U_{\text{т}} = mgh = mg\alpha l;$$

$$U_{\text{п}} = \frac{k(x_{\text{ст}} + x)^2}{2} = \frac{k(\alpha_{\text{ст}} l + \alpha l)^2}{2} = \frac{kl^2}{2}(\alpha_{\text{ст}} + \alpha)^2,$$

где $x_{\text{ст}}$ – статическая деформация пружины в положении равновесия коромысла; $\alpha_{\text{ст}}$ – соответствующий ей угол поворота коромысла; x – деформация пружины в процессе колебаний; α – соответствующая ей обобщенная угловая координата; k – коэффициент жёсткости пружины; l – длина коромысла.

Тогда

$$\frac{\partial U}{\partial \alpha} = \frac{\partial U_{\text{кор}}}{\partial \alpha} + \frac{\partial U_{\text{кр}}}{\partial \alpha} + \frac{\partial U_{\text{ген}}}{\partial \alpha} + \frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial \alpha};$$

$$\frac{\partial U}{\partial \alpha} = m_{\text{кор}} g(l_1 + l_2) + m_{\text{кр}} g(l_1 + l_2 + l_3 + l_4) + F_{\text{ген}} g l_1 + k(\alpha_1 + \alpha) l_1^2;$$

$$\frac{\partial U}{\partial \alpha} = m_{\text{кор}} g(l_1 + l_2) + m_{\text{кр}} g(l_1 + l_2 + l_3 + l_4) + F_{\text{ген}} g l_1 + k\alpha_{\text{ст}} l_1^2 + k\alpha l_1^2;$$

$$\frac{\partial U}{\partial \alpha} = k\alpha l_1^2 + \left\{ m_{\text{кор}} g(l_1 + l_2) + m_{\text{кр}} g(l_1 + l_2 + l_3 + l_4) + F_{\text{ген}} g l_1 + k\alpha_{\text{ст}} l_1^2 \right\},$$

где $m_{кор}$ – масса коромысла; $m_{кр}$ – масса крыла с грузом; $F_{ген}$ – сила, действующая на коромысло со стороны исполнительного устройства.

Выражение, стоящее в фигурных скобках, равно нулю, так как представляет собой выражение суммы моментов сил, действующих на систему в состоянии равновесия, таким образом,

$$\frac{\partial U}{\partial \alpha} = k\alpha l_1^2 . \tag{7}$$

$\Phi = \frac{\beta \dot{q}^2}{2}$ – диссипативная функция Рэлея, учитывающая рассеивание энергии, вызванное наличием сил внутреннего и вязкого трения, где β – обобщённый диссипативный коэффициент. В качестве обобщенной координаты q принимаем угол α. В нашем случае

$$\Phi = \frac{\beta(l_1 + l_2 + l_3)^2 \dot{\alpha}^2}{2} \tag{8}$$

и

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \dot{\alpha}} = \beta(l_1 + l_2 + l_3)^2 \dot{\alpha} . \tag{9}$$

$Q(t)$ – зависящая от времени обобщённая сила, действующая на крыло. Подставляя все производные и функции в уравнение Лагранжа (2), получаем

$$I\ddot{\alpha} = -kl_1^2\alpha - \beta(l_1 + l_2 + l_3)^2 \dot{\alpha} + Q(t) \tag{10}$$

или

$$I\ddot{\alpha} + \beta(l_1 + l_2 + l_3)^2 \dot{\alpha} + kl_1^2\alpha = Q(t), \tag{10'}$$

$$\ddot{\alpha} + \frac{\beta(l_1 + l_2 + l_3)^2}{I}\dot{\alpha} + \frac{kl_1^2}{I}\alpha = \frac{1}{I}Q(t) \tag{10''}$$

и, наконец,

$$\ddot{\alpha} + 2h\dot{\alpha} + \omega_0^2\alpha = AQ(t), \tag{11}$$

где $2h = \frac{\beta(l_1 + l_2 + l_3)^2}{I}$; $A = \frac{1}{I}$; $\omega_0^2 = \frac{kl_1^2}{I}$;

$\omega_0 = l_1\sqrt{\frac{k}{I}}$ – циклическая частота автоколебаний;

$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{l_1}\sqrt{\frac{I}{k}}$ – период колебаний.

Нетрудно видеть, что уравнение (11) соответствует общему виду уравнения автоколебаний (1). Таким образом, рассмотренная колебательная система при соблюдении необходимых условий способна совершать автоколебания, а уравнение (11) имеет решение.

Функцию обратной связи в данной конструкции ВД выполняет крыло с грузом, соединённое с коромыслом плоской пружиной и являющееся частью колебательной системы.

Для синхронизации поступления в автоколебательную систему энергии частота действия обратной связи, то есть частота колебаний крыла с грузом на плоской пружине, должна быть близка к частоте собственных колебаний коромысла с крылом и грузом. В этом случае автоколебательная система будет являться источником незатухающих колебаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андронов, А. А. Теория колебаний / А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин. – М. : Государственное издательство физико-математической литературы, 1956.

2. Бать, М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах. Т. 3 / М. И. Бать, Г. Ю. Джанелидзе, А. С. Кельзон. – М. : Наука, 1973.

3. http://reencon-xxi.ru/wp-content/uploads/2016/10/1_Hullin.pdf

4. А. с. 1240949 СССР МПК F03D5. Ветродвигатель / С. Д. Стрекалов // Зарегистрировано 30.06.86. Бюл. № 24.

5. Патент 2293212 РФ МПК F03D5. Устройство для преобразования возобновляемой энергии / С. Д. Стрекалов, Г. М. Мишарев, Л. П. Стрекалова, А. Н. Тарасов. Заявл. № 2005124839 от 04.08.2005 // опубл. 2007.

6. Патент 2447320 РФ МПК F03D5. Устройство для преобразования возобновляемой энергии / П. Р. Андронов, С. В. Гувернюк, М. З. Досаев, Г. Я. Дынникова, М. М. Симоненко, С. Д. Стрекалов, Е. С. Стрекалова // Приоритет № 2010107256 от 27.02.201.

7. Патент на полезную модель 101102 РФ МПК F03D5. Устройство преобразования ветровой энергии / С. Д. Стрекалов, Л. П. Стрекалова, В. А. Поляков, А. Л. Бормотов // Приоритет № 2010111068/06 от 23.03.2010. Зарегистрирован 10.01.2011.

8. Патент на полезную модель 143620 РФ МПК F03D5. Устройство для преобразования ветровой энергии / С. Д. Стрекалов, С. С. Гришин, А. В. Пивченко, А. С. Стрекалова // Приоритет № 20104110577/06 от 19.03.2014. Зарегистрирован 27.07.2014.

9. Стрекалов, С. Д. Волновая техника, принципы функционирования, примеры использования в ветро- и гидропреобразователях / С. Д. Стрекалов // Межрегиональный форум «Энергосбережение и энергоэффективность» : Материалы форума. – Волгоград, 2011. – С. 64-68.

10. Андронов, П. Р. Исследование эффективности преобразования энергии в ветродвигателях волнового типа / П. Р. Андронов, С. Д. Стрекалов, Д. А. Григоренко, М. З. Досаев, Г. Я. Дынникова // XV школа-семинар «Современные проблемы аэродинамики» : Тезисы докладов. – М. : Изд-во Московского университета, 2007. – С. 13.

11. http://www.google.com.tr/patents/US7632069

12. http://www.rexresearch.com/kelley/kelley.htm

13. Стрекалов, С. Д. К вопросу создания экологически эффективного волнового автоколебательного ветродвигателя / С. Д. Стрекалов, С. С. Гришин, А. В. Пивченко, А. С. Стрекалова // Альтернативная энергетика и экология. – 2014. – № 04 (144). – С. 26-31.

14. http://www.gizmag.com/wind-harvester-reciprocating-motion-wind-turbine/21565/

УДК 621.315.17

ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ЦЕЛЬЮ ОСМОТРА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Е. А. Мельников – студент
Н. Г. Ходырева – канд. пед. наук, доцент
Филиал ФГБОУ «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Одной из наиболее часто встречающихся причин возникновения аварийных ситуаций в электроустановках является повреждение воздушных линий электропередачи (ВЛЭП). Повышение надежности функционирования ВЛЭП обусловлено совокупностью ряда факторов, среди которых важную роль играют обходы и профилактические осмотры электрического оборудования, конструкций, отдельных элементов и деталей.

Мониторинг технического состояния воздушных линий (ВЛ) предоставляет возможности для своевременного обнаружения повреждений, замечаний в работе оборудования, составления плана устранения неисправностей и проведения профилактического ремонта. Кроме того, сбор статистических данных о повреждениях элементов воздушных линий электропередачи позволяет определить истинные причины отказов и наметить пути совершенствования электротехнического оборудования.

В настоящей момент существует несколько способов мониторинга ВЛ. Пеший обход воздушной линии осуществляется бригадой с визуальной оценкой состояния трассы и всех частей ВЛЭП. При проверке проводов, арматуры, изоляторов и других составляющих ВЛ, расположенных на большой высоте, используют бинокль или применяют грузоподъемные машины и механизмы. Этот способ обладает существенной трудоемкостью и может быть небезопасен.

Второй вариант предусматривает облеты трассы на вертолете на низких высотах. Сотрудники бригады, обслуживающей воздушную линию, производят осмотр закрепленных за ними элементов ВЛ с борта летательного аппарата, заполняя в процессе осмотра дефектную ведомость. Сделать это весьма сложно, так как минимальная скорость вертолета, выгодная с экономической точки зрения, равна 130-150 км/ч. Осмотры оборудования на такой скорости могут быть недостаточно качественными. Кроме того, полеты на небольшом удалении от ВЛЭП на низких высотах имеют высокую степень опасности.

Рассмотренные методы являются традиционными и обладают следующими недостатками: низкой эффективностью, неточностью координат мест аварийных и предаварийных состояний ВЛЭП, большой трудоемкостью и повышенной опасностью выполнения работ. Наиболее современным и перспективным, с точки зрения авторов, является третий вариант диагностики – осмотр ВЛЭП с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – разновидность летательного аппарата, управление которым осуществляется при отсутствии пилота на его борту. Чаще всего под БПЛА понимают дистанционно управляемый (пилотируемый) летательный аппарат, способный совершать полет и в автоматическом режиме. БПЛА является частью комплекса, в который входит наземный пункт управления с его центральным звеном – человеком-оператором [7]. Аппарат использует аэродинамический принцип создания подъемной силы с помощью фиксированного или вращающегося крыла (БПЛА самолетного и вертолетного типа), оснащается двигателем и имеет полезную нагрузку и продолжительность полета, достаточные для выполнения специальных задач [6].

Беспилотные летательные аппараты разделяются на классы в зависимости от массы, максимальной дальности и высоты полета. С точки зрения В. П. Дикого, при диагностике ВЛЭП целесообразно использовать микро- и мини-БПЛА, вес которых составляет до 5 и 30 кг соответственно, а высота полета ограничивается величиной в 1000 м [3].

Рассмотрим достоинства и недостатки беспилотных систем самолетного и вертолетного типов, а также их возможности для мониторинга воздушных линий электропередачи.

БПЛА самолетного типа используются для осмотра площадных и линейных участков местности [2] и съемки линейно протяженных объектов [4]. Основными преимуществами этих летательных аппаратов (ЛА) является способность преодолевать большие расстояния и производить аэросъемку в режиме онлайн в любое время суток и в сложных метеоусловиях [2, 8, 11]. Как отмечает А. В. Вытовтов, беспилотные самолеты обладают высокой производительностью и возможностью эффективно выполнять поставленные задачи на большом удалении от наземной станции [2]. При этом самолет значительно превосходит вертолет по основным рабочим характеристикам (максимальной дальности и длительности полета, скорости и массе полезной нагрузки) [9].

БПЛА вертолетного типа используются для оперативного мониторинга локальных участков местности [2]. Как указывает А. Е. Алтынов, основным достоинством таких аппаратов является способность осуществлять автономный полет по маршруту с остановками в нужных точках и «зависать» на заданной оператором высоте с возможностью ее плавного увеличения и уменьшения [1]. Кроме того, беспилотные вертолеты малогабаритны, маневренны, легки в управлении [2, 5]. Обладая вертикальным взлетом и посадкой, они не требуют наличия взлетно-посадочной полосы. К несомненным плюсам данных аппаратов можно отнести простоту и надежность конструкции, компактность и малую взлетную массу при существенной полезной нагрузке [9].

Обладая рядом полезных функциональных свойств, летательные аппараты самолетного и вертолетного типов имеют определенные недостатки. В качестве основного минуса БПЛА самолетного типа можно отметить невозможность зависания в необходимой точке или работы в ограниченном пространстве [4]. Главными ограничениями в применении БПЛА вертолетного типа являются

малое время работы такого оборудования (от 30 мин. до 1,5 ч) и, как следствие, малый радиус действия летательных аппаратов.

При выборе беспилотных систем для диагностики ВЛЭП необходимо учитывать перечисленные выше достоинства и недостатки БПЛА, а также те задачи, которые необходимо решить с их помощью при верховом осмотре ВЛ.

Линии электропередачи обладают большой протяженностью, и поэтому оценку технического состояния трассы ВЛ необходимо производить на значительном удалении от места старта. В этом случае на первый план выступают беспилотные самолеты, так как, обладая большим радиусом действия и высокой скоростью, они способны проводить аэрофотосъемку опор и линий электропередачи на расстоянии до 200-250 км в зависимости от модели [4]. С помощью БПЛА самолетного типа эффективно решаются задачи тепловизионного контроля элементов высоковольтных линий, оценки допустимой высоты деревьев в зоне прохождения ВЛ, съемки новых маршрутов ВЛЭП, прилегающей территории и создание цифровой модели рельефа [11].

В случае обнаружения дефектов при облете ВЛ или наличия труднодоступных мест возникает необходимость более детального осмотра отдельных участков линии электропередачи. Для этого целесообразнее использовать беспилотные системы вертолетного типа, которые имеют малый радиус действия, но зато обладают хорошей маневренностью и способны зависать в одной точке. Данные модели позволяют провести более тщательный осмотр опор, проводов, изоляторов, своевременно определить наличие дефектов и повреждений оборудования, что способствует предотвращению аварий на ВЛ либо максимально быстрому устранению их последствий [10].

Таким образом, авторы пришли к выводу, что эффективная диагностика состояния воздушных линий электропередачи с помощью БПЛА может быть проведена при условии комплексного применения летательных аппаратов вертолетного и самолетного типов, когда аэросъемка ВЛ по всей длине беспилотными самолетами дополняется более детальным осмотром отдельных участков ВЛЭП беспилотными вертолетами, в том числе и в труднодоступных местах.

Современный рынок беспилотных систем представлен большим разнообразием моделей БПЛА самолетного и вертолетного типов отечественного и зарубежного производства. С точки зрения авторов, выбор летательных аппаратов для реализации целей мониторинга ВЛЭП должен опираться на следующие параметры: размер и вес борта, максимальная дальность и время полета, высота полета, максимальная и крейсерская скорости, способы старта и посадки, режимы полета, устанавливаемое съемочное оборудование.

Учитывая современные тенденции, заключающиеся в поддержке отечественного производителя, авторы выбрали для анализа летательные аппараты самолетного и вертолетного типа, выпускаемые компаниями Unmanned Беспилотные системы, ООО «Геоскан» и ZALA AERO GROUP Беспилотные системы. Характеристики БПЛА представлены в табл. 1 и 2 [4, 10, 11].

Таблица 1

Российские БПЛА самолетного типа

Модель	**Supercam S350**	**Геоскан 201 Видео**	**ZALA 421-16E5**
Производитель	Unmanned Беспилотные системы Россия, Ижевск	ООО «Геоскан» Россия, Санкт-Петербург	ZALA AERO GROUP Беспилотные системы Россия, Ижевск
Масса, кг	7,5	6,5	24,5
Максимальная взлетная масса, кг	10,5	8,0	29,5
Длина, м	0,5	0,5	1,2
Размах крыла, м	3,5	2,3	5,0
Максимальная дальность полета, км	360	210	150
Рабочая высота полета, м	500	3000	3000
Практический потолок (высота), м	3600	4000	3600
Время полета, мин.	240	180	360
Скорость (крейсерская, максимальная), км/ч	65…120	64…130	65…110
Тип двигателя	электрический	электрический	электрический
Старт	с эластичной катапульты	с механической катапульты	с пневматической катапульты
Приземление	на парашюте	на парашюте	на парашюте
Режимы полета	автоматический, полуавтоматический с возможностью корректировки маршрута в полете	автоматический, полуавтоматический с возможностью корректировки маршрута в полете	автоматический, полуавтоматический с возможностью корректировки маршрута в полете
Дополнительная полезная нагрузка	3 кг; фотоаппарат, тепловизор, видеокамера	1,5 кг; фотоаппарат, тепловизор, видеокамера	5кг; фотоаппарат, тепловизор, видеокамера

Таблица 2

Российские БПЛА вертолетного типа

Модель	**Supercam X6M2**	**Геоскан 401 Видео**	**ZALA 421-22**
Производитель	Unmanned Беспилотные системы Россия, Ижевск	ООО «Геоскан» Россия, Санкт-Петербург	ZALA AERO GROUP Беспилотные системы Россия, Ижевск
Масса, кг	5,0	7,5	6,0
Максимальная взлетная масса, кг	6,0	9,5	8,0
Габариты, мм	920 × 920 × 300	1560 × 1560 × 560	1065 × 1065 × 240
Практический потолок (высота), м	500	500	1000
Время полета, мин.	60	60	35
Максимальная дальность полета, км	10	15	5
Скорость, км/ч	60	50	30
Тип двигателя	электрический	электрический	электрический
Старт	вертикальный автоматический	вертикальный автоматический	вертикальный автоматический
Приземление	вертикальное автоматическое	вертикальное автоматическое	вертикальное автоматическое
Режим полета	ручной, автоматический, полуавтоматический с возможностью корректировки маршрута в полете	ручной, автоматический, полуавтоматический с возможностью корректировки маршрута в полете	ручной, автоматический, полуавтоматический с возможностью корректировки маршрута в полете
Дополнительная полезная нагрузка	1 кг; фотоаппарат, тепловизор, видеокамера	2 кг; фотоаппарат, тепловизор	2 кг; фотоаппарат, тепловизор, видеокамера

Проводя сравнительную характеристику беспилотных систем, авторы пришли к выводу, что целям и задачам мониторинга воздушных линий электропередачи наиболее отвечают летательные аппараты, производимые компанией ООО «Геоскан»: беспилотный самолет «Геоскан 201 Видео» и квадрокоптер «Геоскан 401 Видео». При этом авторы опирались на следующие положения.

Указанные модели обладают существенной длительностью полета. Так квадрокоптер может находиться в воздухе максимально 60 мин., а беспилотный самолет – 180 мин., совершая при этом облет трассы протяженностью до 200 км. При этом ЛА могут функционировать при температуре окружающего воздуха от -20 до $+40$ °С и при скорости ветра до 12 м/с [4].

БПЛА «Геоскан» обладают небольшой массой, но при этом имеют значительный запас прочности, так как изготавливаются при совместном использовании полимеров и композитных материалов. Беспилотные самолеты «Геоскан 201 Видео» имеют съемные крылья из вспененного полипропилена [4]. Это делает их устойчивыми к нагрузкам при посадках и упрощает ремонт в случае поломки. Рама квадрокоптера «Геоскан 401 Видео» сделана из углепластика и обладает жесткостью конструкции. Она выдерживает удары и сложные условия эксплуатации [4].

Беспилотный самолет «Геоскан 201 Видео» осуществляет взлет с катапульты и посадку на парашюте, что гарантирует защиту оператора и целостность БПЛА. ЛА имеет «систему оповещения об уровне заряда батареи и качестве радиосвязи, автоматическую проверку полетного задания на выполнимость и автоматический возврат в точку старта при потере связи или критическом разряде батареи» [4]. Квадрокоптер «Геоскан 401 Видео» обладает вертикальным взлетом и посадкой, что позволяет использовать его в любой местности, где имеется небольшое открытое пространство.

На борт летательных аппаратов устанавливается комплекс для аэрофотосъемки GeoScan 201 с модернизированной фотокамерой Sony Alpha A5000 с объективом 20 мм. Кроме того, ЛА способны нести дополнительную полезную нагрузку, например, гиростабилизированную видеокамеру и гиростабилизированный тепловизор. При этом дополнительные нагрузки взаимозаменяемы и могут быть установлены как на беспилотный самолет, так и на квадрокоптер. Компания «ООО Геоскан» также предоставляет программу профессиональной фотограмметрической обработки снимков и создания 3D-моделей Agisoft Photoscan и трехмерную ГИС «Спутник» для анализа и визуализации полученных данных [4].

Таким образом, можно сделать следующие выводы. В современных условиях наиболее эффективным и безопасным является мониторинг ВЛЭП с помощью беспилотных летательных аппаратов. БПЛА самолетного типа характеризуются значительной длительностью полета, большой максимальной высотой подъема и высокой крейсерской скоростью. БПЛА вертолетного типа обладают хорошей маневренностью и способны зависать в одной точке. Функциональные особенности каждого типа ЛА говорят о целесообразности их использования в комплексе для качественной оценки состояния ВЛЭП.

При выборе компании-производителя и конкретных моделей беспилотных летательных систем необходимо учитывать размер и вес ЛА, максимальную дальность, высоту и время полета, максимальную и крейсерскую скорости, способы старта и посадки, режимы полета, устанавливаемое съемочное оборудование. Анализ продукции отечественных производителей беспилотных летательных систем (Unmanned Беспилотные системы, ООО «Геоскан» и ZALA AERO GROUP Беспилотные системы) позволил сделать вывод о возможности использования надежных и простых в эксплуатации летательных аппаратов, обладающих высокими тактико-техническими характеристиками и способных обеспечить эффективную и качественную диагностику воздушных линий электропередачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтынов, А. Е. Использование многороторных БПЛА для целей ДЗЗ / А. Е. Алтынов, В. К. Барабасов, Н. М. Гаврюшин, Д. О. Дрыга, М. С. Батаев // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. № 5. С. 122-126.

2. Вытовтов, А. В. Современные беспилотные летательные аппараты / А. В. Вытовтов, А. В. Калач, С. Ю. Разиньков // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2015. № 4. С. 70-74.

3. Дикой, В. П. Мониторинг состояния воздушных линий электропередачи с использованием беспилотного летательного аппарата / В. П. Дикой, А. А. Левандовский, Р. С. Овянников, В. В. Старцев // Энергия единой сети. 2014. № 2 (13). С. 16-25.

4. ООО Геоскан: [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург, 2016. URL: https://www.geoscan.aero/ru (Дата обращения: 26.11.2016).

5. Прохоров, И. Б. Обзор особенностей мультироторного беспилотного летательного аппарата и подобных систем / И. Б. Прохоров, Д. А. Юшкин, П. А. Гребенщиков // Энергетические и электротехнические системы : Международный сборник научных трудов. Под ред. С. И. Лукьянова, Н. В. Швидченко. Магнитогорск, 2015. С. 294-299.

6. Ракурс: [Электронный ресурс]. Москва, 2004-2016. URL: http://www.racurs.ru (Дата обращения: 28.11.2016).

7 Распопов, В. Я. Авионика малоразмерных беспилотных летательных аппаратов / В. Я. Распопов // Датчики и системы. – 2010. № 9. – С. 45-55.

8. Фетисов, В. С. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / В. С. Фетисов, Л. М. Неугодникова, В. В. Адамовский, Р. А. Красноперов. Уфа : ФОТОН, 2014. 217 с.

9. Эпов, М. И., Злыгостев, И. Н. Применение беспилотных летательных аппаратов в аэрогеофизической разведке / М. И. Эпов, И. Н. Злыгостев // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2012. – № 3. – Т. 2.

10. ZALA AERO GROUP Беспилотные системы: [Электронный ресурс]. Ижевск, 2004-2016. URL: http://zala.aero (Дата обращения: 28.11.2016).

11. Unmanned Беспилотные системы: [Электронный ресурс]. Ижевск, 2008-2016. URL: http://unmanned.ru (Дата обращения: 26.11.2016).

УДК 621.224.356

НОВАЯ СХЕМА ПРЯМОТОЧНОЙ ТУРБИНЫ

Р. М. Габидулин, М. В. Молчанов, К. Ю. Надюк, Н. А. Ярда – студенты
А. Д. Грига – д-р техн. наук, профессор
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Увеличение выработки электрической энергии с высокой эффективностью на равнинных реках, которые имеют сравнительно малые значения напоров (до 20-25 м), является актуальной задачей.

Для строительства новых гидроэлектростанций (ГЭС) и приливных электростанций (ПЭС), где напоры изменяются от 0,5 (Кислогубская ПЭС) до 11 м (ПЭС Ле-Ранс, Фанди, Северн), рационально использовать гидротурбины с горизонтальной осью, так как при строительстве зданий ГЭС уменьшаются капитальные вложения в сравнении с обычной схемой строительства здания ГЭС, когда используются турбины с вертикальной осью.

Цель статьи – проанализировать схемы и особенности гидротурбин с горизонтальной осью, наметить возможные пути совершенствования гидротурбин для обеспечения большей эффективности и надёжности в работе.

Первая идея горизонтального агрегата – «трубчатого» – была выдвинута в 1912 г. будущим академиком Графтно для низконапорной Невской ГЭС; отличительные особенности конструкции: наклонно расположенный вал турбины и вынесенный из потока генератор. В дальнейшем конструкция нашла применение на ряде малых ГЭС во Франции, Финляндии и Германии. Это позволило уменьшить расстояние между осями агрегатов в 1,6 раз, примерно на столько же уменьшилась глубина котлована здания. Трубчатые гидротурбины единичной мощности до 2 МВт используются до сих пор на небольших ГЭС в США и Канаде. В 1963 г. фирма Ellis Chalmers предложила для проекта ПЭС Кводди поставку ста трубчатых агрегатов с диаметром рабочего колеса D_1 = 7,7 м и единичной мощностью 10 МВт. Из-за искривления потока воды при обтекании конструкции и, следовательно, заметных потерь напора, особенно при двусторонней и обратимой работе, потребовалось погружение генератора в поток. Решить проблему предложили двумя путями – внесением генератора в обтекаемую оболочку (капсульные конструкции) или расположением генератора по периметру проточной части (прямоточный агрегат).

Проект прямоточного агрегата, совмещающего генератор и конструкцию турбины, расположенной в трубопроводе, проходящем через плотину и соединяющем верхний и нижний бьефы, лопасти которой служат спицами ротора генератора, статор которого устанавливается соосно с турбиной, был выдвинут американским инженером Харзом в 1924 г. Конструкция нашла более широкое применение после того, как были выявлены недостатки системы охлаждения

капсульных турбин, впервые испытанных в 1936 г. в Германии. Однако из-за недостатков прямоточных гидротурбин в 1943 г. возродился интерес к капсульным: недоработки капсульных конструкций были учтены и исправлены, в результате стоимость установки снизилась на 35 %. Компания Escher Wyss изготовила четыре небольших агрегата на ГЭС Иллер (1938 г.), а затем – 73 прямоточные машины мощностью до 2 МВт с $D_1 \leq 2{,}1$ м. В 1951 г. их выпуск был прекращен. Агрегаты с $D_1 = 3{,}3$ м и мощностью 6,3 МВт, установленные в 1953 г. на Ортачальской ГЭС (СССР, р. Кура), были заменены на вертикальные. Основная проблема таких агрегатов заключалась в уплотнении пространства между статором и ротором. Стоит отметить, что в Японии была запатентована идея заключения полюсов ротора и статора в пластмассовые оболочки.

После многолетних исследований Escher Wyss в 1980-1982 гг. изготовила десять машин с $D_1 = 3{,}7$ м и единичной мощностью до 8 МВт, успешно работающих при напорах 3,5-11,0 м. В 1983 г. на ГЭС Гиссен турбина Жонваля была заменена на конструкцию, в дальнейшем получившую название Страфло. Диаметр её рабочего колеса составил 3 м, напор – 4 м, мощность – 4,5 МВт. Принципиально новыми были система опирания и защита от протечек. При больших энергетических и, следовательно, геометрических показателях ротор устанавливается на гидростатической опоре с подшипником и подпятником с применением дифференциала – механизма выравнивания тангенциальной нагрузки. Уплотнения – бесконтактные, работающие на гидростатическом давлении. Ремонтное уплотнение выполнено в виде наполненного сжатым воздухом резинового шланга. Главное уплотнение представляет собой пневмоуправляемые прижимные шланги, разделенные секционно; секции для предотвращения отложений песка соединялись посредством стыков.

Проблема надёжной защиты генератора от попадания влаги в предложенной схеме Страфло не была решена.

Безвальные агрегаты Страфло позволили получить экономию капиталовложений порядка 10-15 % в большой степени благодаря конструкции генератора и уменьшению объёма выемки котлована и бетонных работ. Также существенно (на 30-40 %) уменьшилось расстояние между осями смежных агрегатов.

Как показал опыт проектирования ПЭС Фанди в 1977 г., длина здания ПЭС с горизонтальными гидроагрегатами уменьшается в 1,5 раза, а глубина заложения – на 8 м. Такие агрегаты легко размещаются под водосливом, их потери заметно уменьшаются в силу того, что поток в меньшей степени меняет направление движения; увеличиваются расходы (на 20-25 %) и, соответственно, мощность на 20-30 %. В настоящее время строится ГЭС Жирау (р. Мадейра, Бразилия), где по проекту должно быть установлено десять горизонтальных агрегатов капсульного типа единичной мощностью 76,5 МВт/83,33 МВА, что является максимально достигнутой величиной (обычно мощность горизонтального гидроагрегата составляет около 40 МВт). Там же построена станция Санто Антонио с 50-ю горизонтальными турбинами Каплана мощностью 71,6 МВт

каждый. Турбины производятся фирмой Voith Hydro, на обеих указанных станциях диаметр их рабочего колеса составляет 7,5 м.

В силу преимуществ конструкции фирма Sultzer – Escher Wyss изготовила агрегат Страфло для ПЭС Аннаполис (Канада), введенной в эксплуатацию в 1984 г., – прототип последующих турбин для речных ГЭС и мощных ПЭС. Его характеристики: мощность 20 МВт, напоры от 1,4 до 7,1 м (рабочий 5,5 м), $D_1 = 7{,}1$ м. Полость генератора находится под избыточным давлением в целях предотвращения попадания влажного воздуха.

Среди недостатков горизонтальных гидротурбин можно отметить сложность эксплуатации (ремонт приходится производить в стесненных условиях, при повышении трудозатрат) и низкие значения махового момента GD^2 и момента инерции T_j, что ухудшает их устойчивость в энергосистеме. Последнее связано с трудностью регулирования оборотов. Коэффициент полезного действия (КПД) уменьшается при низком напоре из-за того, что требуется увеличение диаметра ротора и габаритов капсулы в целом; в этих целях предусматривают мультипликаторы, однако при больших мощностях создание надёжно работающего мультипликатора является проблемой. Кроме того, возникают трудности с обратимой работой агрегата, поскольку пропеллерное рабочее колесо не позволяет менять угол поворота лопаток.

В данной работе предлагается сотовая конструкция уплотнения обода силовых стоек для передачи мощности на ротор генератора. В отличие от схемы Страфло рабочие лопатки 18 разгружены от ротора генератора. Генератор гидроагрегата смещён вниз по потоку. В предполагаемой схеме ротор генератора через обод 2 соединяется с силовыми спицами 1.

На рис. 1 и 2 показана принципиальная схема принятой конструкции. На концах силовых стоек 1 находится обод 2 с кольцевыми гребнями 17 и ротор генератора с полюсами 3. Кольцевые гребни 17 контактируют с сотовыми уплотнениями 15 и работают в случае перепада давления между полостью генератора А и потоком Б, тем самым полностью устраняют попадание воды в полость генератора А, ограниченную кожухом 16, на всех режимах работы турбины. Сотовые уплотнения, имеющие на одной из поверхностей «сотовую» дорожку, то есть ряды перегородок, образующих по окружности массив односторонне замкнутых ячеек, качественно зарекомендовали себя в авиадвигателестроении, после чего был разработан ряд проектов по использованию их в паровых, газовых турбинах и компрессорах. Как показали исследования, применение сотовых уплотнений позволяет свести потери за счёт протечек практически к нулю (обычно потери составляли 3-4 %) [1], в несколько раз уменьшить радиальный зазор и даже допускают врезание в них гребней обода без потери защитных свойств. Для устранения кавитации система автоматического регулирования (САР) подаёт при необходимости дополнительное количество воздуха через канал воздушный 14. Обратный клапан канала воздушного 14 открывается, если статическое давление $P1$ становится меньше давления насыщенных паров в области Б. САРПД обеспечивает положительную разность давлений $P2$ и $P1$

на всех режимах работы гидротурбины. Мощность водного потока через лопатки рабочего колеса 18 и вал рабочего колеса 19 передаётся через силовые спицы 1 на ротор генератора 3 с расположенными в нём полюсами. Статор 4 и ротор 3 генератора имеют систему охлаждения генератора 7. Датчики статического давления 13 *P*1 расположены на корпусе наружном 12 установки равномерно по окружности. Обычно достаточно шести датчиков давления *P*1 для осреднения параметров потока в окружном направлении. Датчиков давления *P*2 на кожухе генератора 16 несколько для достоверности показаний, их показания также усредняются.

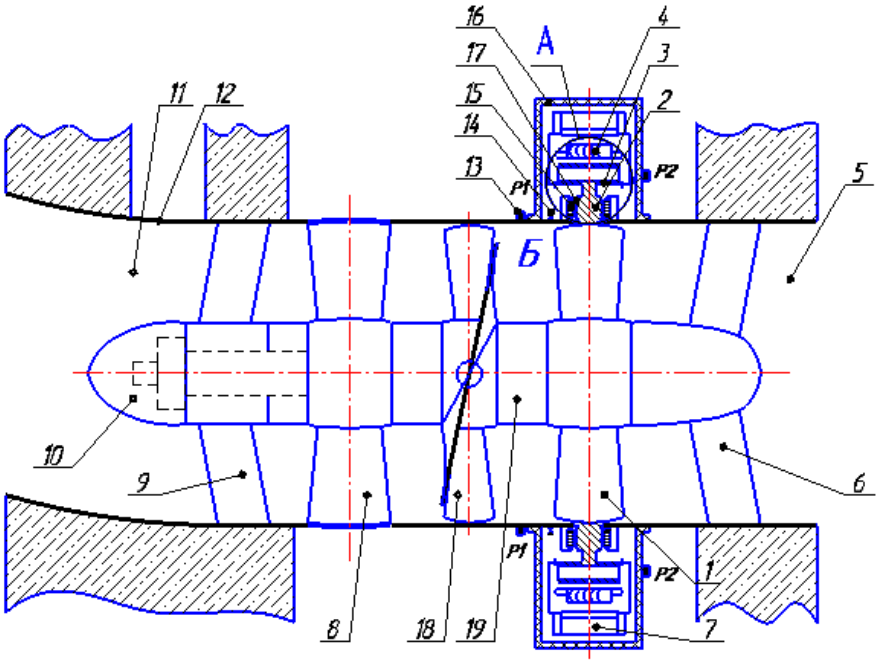


Рис. 1. Прямоточный гидроагрегат с силовой стойкой передачи мощности на генератор

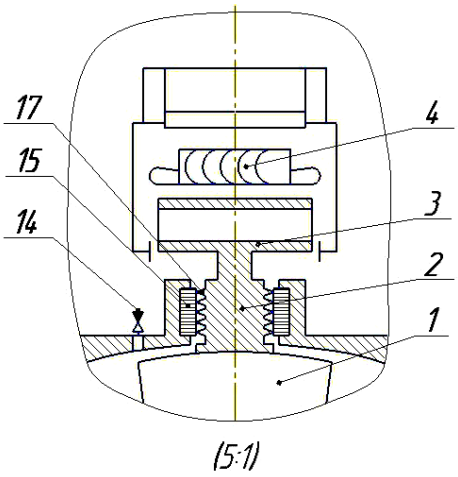


Рис. 2. Узел 1 (А)

Поток воды из верхнего бьефа проходит через камеру подводящую 11, обтекает колонны проходные 9, корпус обтекателя рабочего колеса 10, лопатки направляющего аппарата 8, отдаёт свою энергию рабочим лопаткам 18, откуда

та по валу 19 переходит к силовым спицам 1, имеющим симметричный профиль, и в генераторе преобразуется в электрическую. После спиц силовых 1 поток обтекает колонны опорные выходные 6 и выходит через отсасывающую трубу 5 в нижний бьеф.

Выводы. Предлагаемый подход к совершенствованию конструкции агрегата Страфло позволит обеспечить надёжность работы, безаварийность с ожидаемым увеличением мощности генератора, снизить риск вынужденного простоя и уменьшить нагрузки на рабочее колесо машины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильичев, В. Ю., Заричный, А. Ф. Применение сотовых уплотнений в ступенях газовых турбин / В. Ю. Ильичев, А. Ф. Заричный // Вестник научных конференций. – 2015. – № 2-1 (2). Перспективы развития науки и образования : по материалам международной научно-практической конференции, 31 октября 2015 г. Часть 1. – Тамбов, 2015. – С. 52-53.

2. Конструкции и расчёт гидротурбин. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Л. : Машиностроение (Ленингр. отделение), 1974. – 408 с.

3. Приливные электростанции / Л. Б. Бернштейн, В. Н. Силаков, С. Л. Гельфер и др.; Под ред. д-ра техн. наук Л. Б. Бернштейна. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 296 с.: ил.

4. VOITH, Bulb/Pit/S-turbines and Generators [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://voith.com/br/Voith_Bulb_Pit_turbines(1).pdf (дата обращения: 1.12.16).

УДК 626.88

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН ГЭС

А. С. Мазин, А. Ю. Рябов – студенты
М. В. Трохимчук – канд. геол.-минерал. наук, доцент
Филиал ФГБОУ «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Для плотин из грунтовых материалов наиболее опасным является нарушение фильтрационного режима. Поэтому при эксплуатации ГЭС изучению фильтрационных процессов и эффективности работы противофильтрационных устройств должно быть уделено особое внимание. Для этих целей используют пьезометрическую сеть, а также мерные водосливы и другие приспособления, позволяющие определить расход в водосбросах дренажей и отводящих воду каналах. Пьезометры устанавливают в поперечных створах, которые обычно совмещают со створами, где установлены нивелировочные марки. Число пьезометров в створе должно обеспечивать возможность построения кривой депрессии в теле плотины и эпюры пьезометрических уровней в основании плотины.

Назначение дренажных систем состоит в том, чтобы за счет соединения с нижним бьефом снижать фильтрационное противодавление на подошву сооружений, снимать избыточный напор фильтрационного потока, выравнивая

его с нижним бьефом, то есть увеличивать устойчивость сооружений на сдвиг. Для этого основание дренировано следующим образом: под подошвой здания ГЭС и водосливной плотины уложен плоский дренаж для уменьшения противодавления фильтрационного потока, а избыточный напор грунтовых вод в толще основания снимают скважины глубинного дренажа.

Наиболее вероятной причиной снижения уровня безопасности сооружений Воткинского гидроузла являются нарушения, возникающие в процессе эксплуатации земляных плотин. При назначении диагностических показателей необходимо учитывать конструктивные особенности плотин, а также данные многолетних натурных наблюдений и опыт их эксплуатации.

В состав напорных сооружений гидроузла входят: здание ГЭС руслового типа длиной 273 м, бетонная водосливная плотина длиной 191 м, четыре грунтовые плотины, сопрягающие сооружения, однокамерный двухниточный судоходный шлюз. При проектировании Воткинской ГЭС технический проект строительства гидроузла несколько раз претерпевал существенные изменения, касающиеся общей компоновки сооружения, а также параметров земляных плотин, здания ГЭС, водосливной плотины и судоходных сооружений.

Основной причиной изменений в проекте были меры, направленные на снижение стоимости строительства, экономию материалов и трудоресурсов, сокращение сроков строительства. Это достигалось, в частности, уменьшением проектного объема насыпи по земляным плотинам на 248 тыс. м^3 за счет уменьшения ширины гребня на плотинах № 1 и 2 с 40,0 до 18,0 м, на плотине № 3 – до 22,2 м, на плотине № 4 – до 29,0 м. Бетонные сооружения гидроузла выполнены сборно-монолитными с пустотелой водосливной плотиной, в результате чего была достигнута существенная экономия по строительству ГЭС. Снижение объема бетона только по земляным плотинам составило 11,4 тыс. м^3 за счет уменьшения толщины плит крепления откосов и облегчения конструкций дренажа пойменных плотин.

Дренажная система всех четырех земляных плотин конструктивно выполнена одинаково и включает в себя наслонный дренаж, закрытый дренаж и открытую дренажную канаву, выполненную в виде бетонного лотка (ЗП № 2-4). Дренаж комбинированной конструкции состоит из верхней наслонной части и нижней – дренажной призмы, внутри которой размещается отводящая перфорированная асбоцементная труба Ду = 1000 мм.

Вода, профильтровавшаяся сквозь тело плотин № 1, 3, 4, перехватывается наклонной частью гравийной призмы и собирается в трубы, по ним она организованно отводится и сбрасывается через водовыпуски в нижний бьеф. С нижнего бьефа откосы земляных плотин № 2-4 крепятся естественной песчано-гравийной смесью, земляная плотина № 1 крепится железобетоном.

От плотины № 2 вода из дренажного коллектора от колодца СКО-4 отводится по отводящему коллектору и сбрасывается через водовыпуск в нижний бьеф. Расстояние от СКО-4 до водовыпуска – 611 м, по трассе коллектора установлены 8 смотровых колодцев. По оси дренажа плотин, на всей длине, через

200 м установлены специальные смотровые колодцы: на плотине № 1 – 5 шт., на плотине № 2 – 13 шт., на плотине № 3 – 9 шт., на плотине № 4 – 6 шт. За низовыми подпорными стенками левого и правого берегов уложен закрытый трубчатый дренаж.

На Воткинской ГЭС положение депрессионных поверхностей в теле земляных плотин установилось ниже проектных предположений, за исключением проблемного участка плотины № 2. Внесённые при строительстве изменения в проект дренажа земляной плотины № 2 стали одной из причин нарушения его работы. По проекту было предусмотрено два водовыпуска на ПК 42+95 и ПК 40+65. Однако в процессе строительства был выполнен только один водовыпуск на ПК 40+65.

С начала эксплуатации наблюдения за расходом дренажа плотины № 2 ведутся по единственному водовыпуску на ПК 40+65, исходящему из колодца СКО-4. В настоящее время измерения ведутся по мерному водосливу, установленному на выходе коллектора в нижний бьеф (рисунок).

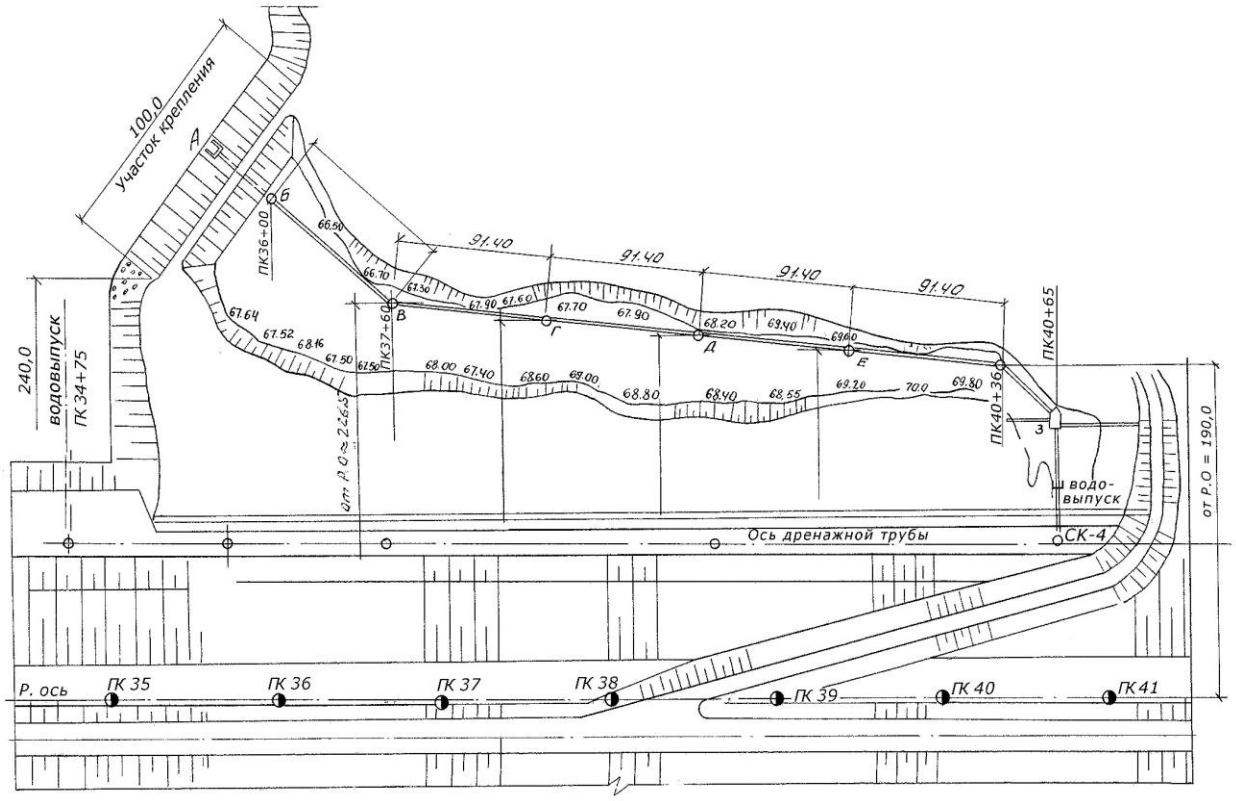


Рисунок. Схема размещения грунтовой плотины

Обследование дренажа грунтовой плотины № 2 показало, что дренажный коллектор заилен хемогенными марганцевыми рудами по всей длине, за исключением самых верхних водораздельных и сухих участков. Мощность отложений в трубах колеблется от 20 до 75 см. Предположительно, именно накопление марганцеворудных отложений является причиной появления «пробки» в дренажном коллекторе на участке ПК 41-43. Накопление марганцевых руд

происходит и в отводящем коллекторе. Несмотря на более короткий срок его эксплуатации, на начальном участке отводящего коллектора отложениями перекрыто уже более 1/4 сечения трубы, в устьевой трубе, при наличии быстрого течения воды, на нижней шелыге отложилось 3-6 см того же материала.

Обследования дренажной системы грунтовой правобережной плотины № 2 Воткинской ГЭС показали, что хемогенные отложения наблюдаются в виде: консолидированных отложений с масляным блеском в полости дренажного коллектора и взвешенных илистых масс в отстойнике колодца; черной суспензии в гравийной фильтровой обсыпке дренажа на участке ПК 38-40; натеков на стенке смотрового колодца водоотводящего коллектора; комьев и мелких частиц в песчаных наносах на дне дренажной канавы; черных хлопьев, осаждающихся в полости пьезометрических скважин; тонкого буровато-черного налета с характерным «графитовым» блеском на гальке и песке пляжа на берегу Камы между водовыпусками плотины № 2 и плотины № 1; налета на стенках спиральных камер гидроагрегатов.

Причиной перечисленных проявлений снижения эффективности работы дренажа служит обильное поступление в дренаж обогащенных ионами марганца фильтрационных вод из основания плотины и застойные условия, благоприятные для образования и накопления в дренаже гидроксидов марганца. Учитывая, что марганцевые отложения нерастворимы в воде и других экологически безопасных растворителях, единственным реально применимым способом их ликвидации остается механическая очистка труб дренажного коллектора и при необходимости – замена/промывка фильтрующего материала.

Выводы

Основной причиной нарушения фильтрационного режима земляных плотин является снижение эффективности работы дренажа вследствие обильного поступления в дренаж обогащенных ионами марганца фильтрационных вод из основания плотины и застойные условия, благоприятные для образования и накопления в дренаже гидроксидов марганца.

Дополнительным фактором, способствующим развитию хемогенного заиления, является подтопление прилегающей территории и коллекторно-дренажной сети. Подтопление дренажа приводит к снижению скоростей движения воды в его полости и, как следствие, к ускорению процессов его заиления хемогенным марганцеворудным материалом. Так как марганцевые отложения нерастворимы в воде и других экологически безопасных растворителях, единственным реально применимым способом их ликвидации остается механическая очистка труб дренажного коллектора и при необходимости – замена/промывка фильтрующего материала.

УДК 621.3

ИЗУЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ ДЕРИВАЦИОННОГО ЛОТКА НА КАШХАТАУ ГЭС

А. Ю. Рябов, А. С. Мазин – студенты
М. В. Трохимчук – канд. геол.-минерал. наук, доцент
Филиал ФГБОУ «НИУ «МЭИ» г. Волжского, Россия

Гидротехническое сооружение представляет собой комплекс сложных инженерных конструкций, при запуске в эксплуатацию которых нередко происходят аварийные ситуации. Например, в Кабардино-Балкарской Республике в конце 2010 г. при пробных испытаниях работы Кашхатау ГЭС произошла аварийная ситуация, которая привела к разрушению части железобетонной стенки деривационного канала. Для выяснения причин аварии необходимо было провести специальное обследование сооружения. Канал представляет собой лоток, имеющий прямоугольное сечение. Высота стенки лотка равна 7,68 м, ширина лотка – 7,0 м, максимальный уровень воды в лотке – 6,68 м. Уровень грунтовых насыпей с обеих наружных сторон лотка составлял 2,5 м при ширине 8,0 и 4,2 м.

Для выявления причин разрушения был проведен ряд обследований [1]. Эти обследования проводились визуально и инструментально с применением приборов неразрушающего действия, а также с испытанием образцов арматуры и бетона, извлеченных в установленном порядке. Образцы бетона и арматуры отбирались непосредственно с элементов аварийного участка сооружения (рисунок).

Согласно действующим нормативным документам [1-5] был проведен поверочный расчет принятой конструкции лотка. На сооружения данного типа кроме собственного веса воды и железобетона могут действовать следующие нагрузки: ледовые; гололедные; ветровые; оползневые; просадочные и набухающие в грунтовых массивах; сейсмические; волновые от воды и иные динамические и статические постоянные и временные нагрузки, которые необходимо учитывать с оценкой их возможного сочетания и изменения по величине и направлению. На момент аварийной ситуации на лоток действовали усилия от собственного веса сооружения, действия воды в канале и нагрузки от грунтовых насыпей разной ширины с внешних сторон канала. Железобетонный канал размещен на специально подготовленном грунтовом основании.

Для расчета стенки лотка было выявлено два экстремальных расчетных случая: нагрузка от действия воды в лотке без учета разгружающего действия грунта насыпи; нагрузка от действия грунта насыпи на стенку лотка без наличия воды в лотке.

Усилия в наиболее опасных сечениях от гидростатического давления воды и собственного веса стенки лотка рассматривались как воздействующие на часть элемента стены шириной $b = 1$ м (как для статически определимой консоли). Если рассмотреть вариант расчета элемента как внецентренно-сжатого и с учетом

прогибов, то несущая способность сечения оказывается ниже расчетной на 17,7 %. При варианте расчета того же сечения как изгибаемого элемента, несущая его способность оказалась ниже расчетной на 20,9 %. При варианте расчета того же сечения как изгибаемого элемента при помощи программного комплекса «Лира» несущая способность сечения оказалась ниже необходимой по расчету на 21,5 %.

Рисунок. Характер разрушения деривационного лотка на Кашхатау ГЭС

Следовательно, для данного типа сооружений расчет стенки лотковой конструкции рекомендуется вести как для изгибаемого элемента, где внутренняя арматура подбирается по первому расчетному случаю, то есть без учета давления грунта насыпи, а внешняя арматура подбирается по второму расчетному случаю на действие давления грунта насыпи с внешней стороны «сухого» лотка. Такой подход к расчету повышает эксплуатационную надежность сооружения.

Для оценки реального напряженно-деформированного состояния в сечении стенки лотка на момент аварии проведен поверочный расчет стенки с помощью программного комплекса «Лира» с учетом возможного совместного действия давления воды и грунта насыпи в состоянии покоя. Проведенный расчет показал необходимость усиления лотка армированием и увеличения сечения при расчетах на прочность и трещиностойкость стенки, а также на трещиностойкость днища лотка. Надежность рассчитанного и построенного сооружения оказалась заниженной по сравнению с ожидаемой по проекту. Выявлено, что полученное превышение предельных расчетных напряжений в арматуре на 12 % привело к аварийной ситуации. Сама методология расчета железобетонных элементов

по предельным состояниям через введение различных коэффициентов к нормируемым величинам формирует определенную надежность или некий «резерв» в работе сооружений.

Считаем, что используемый коэффициент надежности по классу сооружения (y_n = 1,15) недооценивает реальную работу данного типа конструкций, он должен быть больше. Кроме того, применять коэффициент условия работы арматуры y_s = 1,1 таким низким представляется также недопустимым для таких сложных сооружений, так как при изгибе или внецентренном сжатии с большими эксцентриситетами приложения сил возможная работа стали в зоне «самоупрочнения» или в неупругой зоне деформирования выше условного предела текучести для арматурных сталей. В статически неопределимых системах при перераспределении части нагрузки по различным элементам несущих конструкций и их узлам необходима работа арматуры на площадке текучести и в зоне самоупрочнения, но в статически определимых системах такая работа арматуры не находит практического подтверждения, гарантирующего надежность ее работы в конструкции.

В рассмотренных типах сооружений возможно единовременное и многократное действие при различных нагружениях с высоким коэффициентом асимметрии циклов. Такие воздействия снижают прочность бетона и арматуры, и это необходимо учитывать в расчетах. Рекомендованные нормами расчета железобетонных конструкций гидротехнических сооружений методики недооценивают работу конструкций, не обеспечивают надлежащую надежность некоторых видов сооружений по прочности и трещиностойкости и нуждаются в корректировке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений: СП 13-102-2003. – М., 2004.

2. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений: СНиП 2.06.08-87. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1988.

3. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения: СНиП 52-01-2003. – М., 2004.

4. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры: СП 52-101-2003. – М., 2004.

5. Гидротехнические сооружения. Основные положения расчета: СНиП 33-01-2003. – М., 2004.

УДК 621.224

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ И ЕЕ СВЯЗЬ СО СТАНДАРТОМ ISO 50001 В КОМПАНИИ «АКВЕДУК»

Освальдо Фидель Гарсия Моралес – д-р техн. наук, профессор
Университет Матансас, г. Матансас, Куба
Альберто Баррейро Соса – инженер
Предприятие Водных Ресурсов, г. Матансас, Куба

Компания «Акведук» является крупным потребителем электрической энергии в пределах своей провинции Матансас, поставляя в среднем 358,9 тыс. м^3 воды в сутки, потребляя при этом 108,0 МВт · ч/сут. электроэнергии, работая с показателем энергетической эффективности 0,3 МВт · ч/тыс. м^3. Компания располагает 182 электропотребляющими объектами, среди которых 88 трансформаторов, 10 насосов для водозаборных скважин, 15 офисов, 7 осветительных систем для их освещения, 4 мастерские, 2 склада и 4 системы канализации; оказывает 140 услуг по поставке электроэнергии на насосное оборудование для перекачки воды. Для водоснабжения населения и организаций 13 муниципалитетов, которые обслуживает компания, в составе рабочих бригад работают 177 человек. Потребителями услуг водоснабжения являются 484 600 человек, среднее время работы насосного оборудования составляет 17 часов в сутки, протяжённость трубопроводов – 1402,5 км, услугами канализации пользуются 64 500 человек.

За счёт применения энергоэффективных технологий управления (TGTEE) удалось улучшить контроль расхода энергоносителей на насосных станциях муниципалитетов, самой компании и её подразделений; за счёт программы замены насосного оборудования (электродвигателей и насосов) достигнута экономия средств за счёт капитального ремонта оборудования и возвращения его в работу, а также повышения коэффициента мощности; определены возможности экономии энергии при работе трансформаторов в передающих и распределительных сетях. Достигнутая экономия и сокращение затрат в компании составила более 40 % от потребления вначале внедрения TGTEE.

Введение

Исследования, проводимые на многих предприятиях, свидетельствуют о возможности уменьшения потребления и затрат энергии с помощью создания на предприятиях технического потенциала, позволяющего эффективно управлять энергией [1]. Для повышения энергоэффективности предприятий на Кубе были разработаны Технология Управления Энергоэффективностью (TGTEE) и методики улучшения технологических процессов, связанных с потреблением топлива. Они входят в состав цикла непрерывного улучшения «Планируй – Исполняй – Контролируй – Совершенствуй», инструментов и методов соответствия

между обеими методиками [2]. Авторы данной работы считают, что во многих компаниях существуют резервы экономии и возможности повышения энергоэффективности, и что для этого крайне важно проводить диагностику ключевых энергетических центров, проверять связанную с их функционированием квалификацию исполнителей и администрации. Поэтому эти задачи также были включены в реализацию TGTEE. Исключительно важным в настоящий момент является то, что принято называть в соответствии с международным стандартом ISO 50001 Системами управления энергией (Энергоменеджментом) [3]. Поэтому ключевым моментом для знакомства с инструментами TGTEE можно считать понятие энергоменеджмента.

В других статьях [4] уже указывалась важность диагностики для высоковольтных потребителей, а также планирования потребления, проведенного с помощью инструментов TGTEE.

В процессе эксплуатации энергия будет потребляться насосом при любом способе прокачки. Если система должна быть спроектирована эффективно, необходимо, прежде всего, гарантировать максимально возможную эффективность работы двигателя насоса. Каждый насос должен работать в режиме максимальной эффективности, чтобы избежать ненужных потерь [5]. Наибольший потенциал энергосбережения может быть достигнут за счет знаний о системе и о том, как будет работать насос при эксплуатации [7]. По данным Департамента энергетики США насосные системы потребляют около 20 % вырабатываемой в мире энергии. Здесь заложен большой потенциал для развития программы энергоэффективности, сокращения выбросов двуокиси углерода и затрат энергии. По этой причине авторы провели работу в этом направлении по повышению производительности насосов [9, 10].

Электроэнергия в настоящее время наиболее широко используется как в промышленности, так и в быту. И не случайно, что потенциал развития человека связан со степенью охвата страны электрической энергией, так как электрификация страны представляет собой один из наиболее убедительных социальных показателей [11]. По этой причине неизбежно возникает необходимость использовать её рационально и эффективно постоянно, так как её выработка требует миллионных инвестиций для развития систем производства и распределения электроэнергии, а также для оплаты поставок топлива, которые можно уменьшить, если вы экономите электроэнергию.

Электроэнергия является основным энергоносителем в компании «Акведук» и составляет в структуре потребления 95 % всех энергоносителей.

О применении инструментов системы менеджмента энергии, соответствующих Стандарту ISO 50001

На рис. 1 показана диаграмма потребления электроэнергии и воды по месяцам 2011 и 2012 гг. Из неё видно, что существуют аномалии или что нет соответствия между потреблением электроэнергии и количеством перекачиваемой воды. Это получается по нескольким причинам, в том числе из-за

ошибки в точности определенного количества воды, наличия временных интервалов, когда имели место факты выхода оборудования из строя, что повлияло на общий показатель.

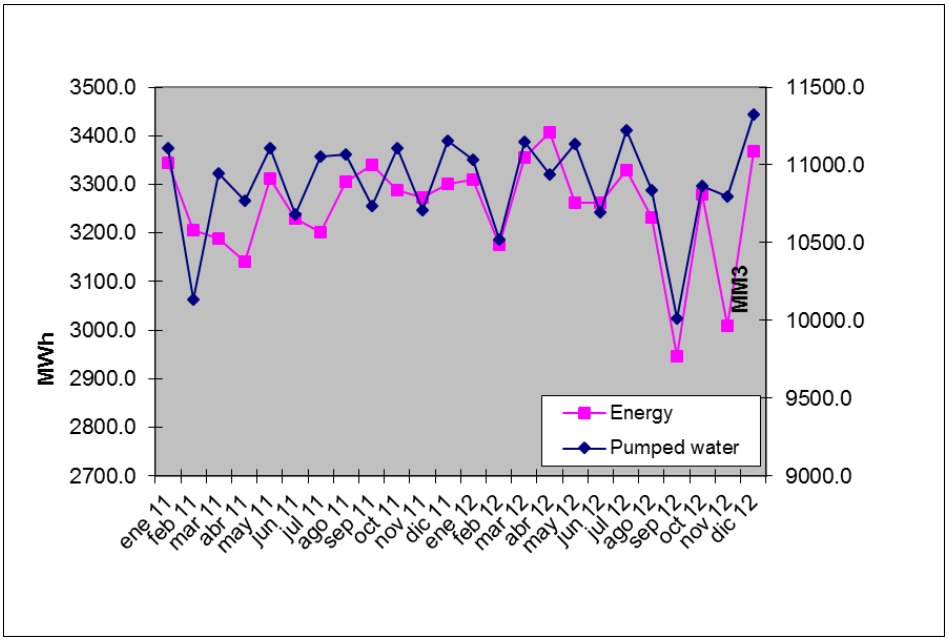


Рис. 1. Потребление электроэнергии и прокачиваемой воды

На рис. 2 показан график потребления электроэнергии в зависимости от объема воды, перекачиваемой за тот же анализируемый период времени, что и на рис. 1.

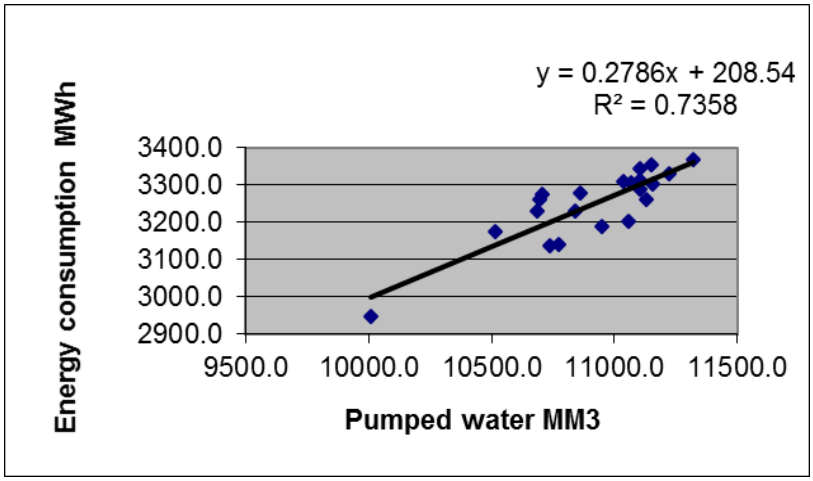


Рис. 2. Исходная энергетическая зависимость

Для этой диаграммы были отфильтрованы три серии значений по причине отсутствия для них тесной взаимосвязи между потреблением электроэнергии и количеством перекачиваемой воды. При расчете потребления электроэнергии по записанному уравнению было установлено, что сильная корреляция имеет

место, когда R^2 принимает значение от 0,6 до 0,8, поэтому в этом случае его можно рассматривать как базовое для расчета расхода для любого предприятия:

$$E = 208{,}54 + 0{,}2786\,P, \qquad (1)$$

где E – потребление энергии, МВт·ч; P – количество перекачиваемой воды, тыс. м^3.

По рекомендациям ISO и некоторых авторов [2, 4] лучшее соответствие линии потребления может быть получено путем фильтрации данных из предыдущего графика таким образом, чтобы показать только те данные, которые расположены ниже линии тренда. Результат можно видеть на рис. 3, на котором также оставлена базовая линия.

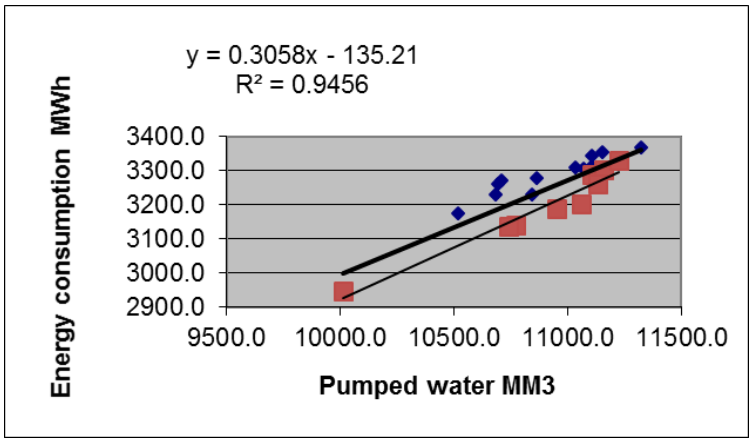


Рис. 3. Окончательная энергетическая зависимость

Когда был завершен первый этап работы, был определён список основных энергетических проблем и определены основные возможные меры обеспечения энергосбережения на предприятии, а также составлен список основных действий: установить 160 новых единиц насосного оборудования, выполнить программы по ликвидации утечки, установить несколько баков конденсаторов и т. д. Результат реализации этих мер и совершенствования системы управления энергопотреблением отражён на рис. 4.

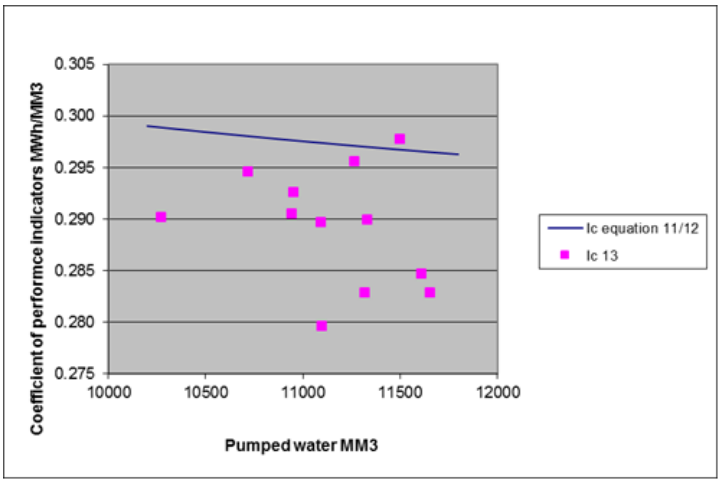


Рис. 4. Изменение индекса потребления

На рис. 4 показано поведение индикатора энергетической эффективности и индексы потребления в этом случае для базового периода 2011-12 и 2013 гг. В первом случае (сплошная линия) уравнение использует индекс, полученный из уравнения потребления энергии:

$$I_c = 208{,}54/P + 0{,}2786, \qquad (2)$$

где I_c – индекс потребления, МВт·ч/тыс. м^3.

На графике наблюдается улучшение индекса потребления 2013 г. (дискретные точки) для почти всех производств.

Была построена также диаграмма накопленной суммы отклонений, рис. 5.

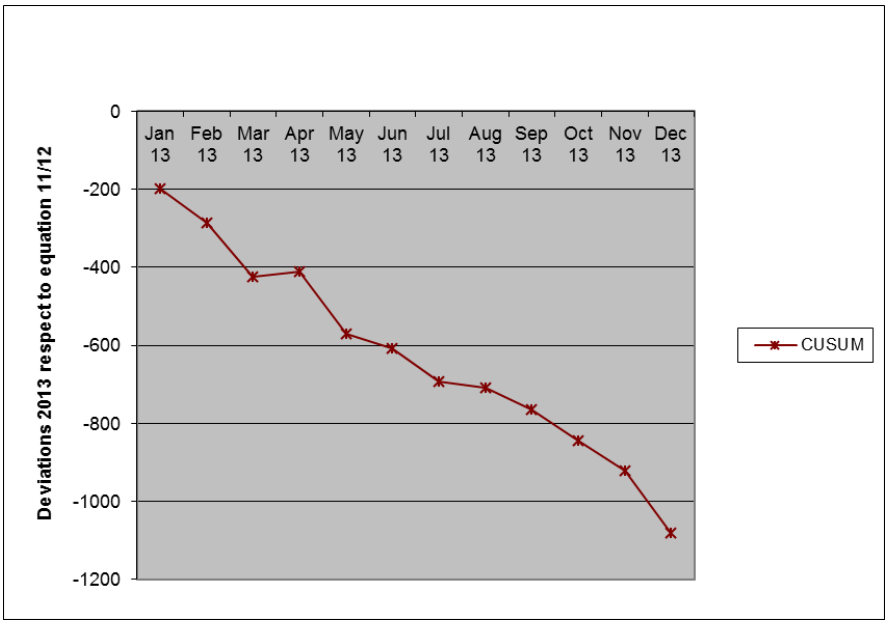


Рис. 5. Накопленная сумма отклонений

Эти отклонения представляют собой разницу между потреблением энергии из выражения за базовый период (2011-12 гг.) и производства в 2013 г. и фактического потребления в 2013 г.

График показывает тенденцию к снижению потребления по отношению к значению, предусмотренному уравнением базового периода. Есть только увеличение потребления в апреле. В конце года совокупная сумма отклонений дает значение более 1000 МВт·ч. Это означает, что по сравнению с прогнозируемыми значениями перестало использоваться прежнее количество энергии для перекачиваемого объёма воды.

Важно понимать, что после возникновения технологических изменений необходимо задать новую основу для выполнения анализа, соответствующего новым условиям. Это значит, что при замене насосов и двигателей на новые возникает необходимость сбора новых данных для формирования новой энергетической базовой линии.

Особо важные потребители энергии (USEs)

Компания оказывает 182 услуги, связанные с потреблением электроэнергии, 17 служб располагают оборудованием более 100 кВт, а наиболее крупными потребителями этих услуг являются 39 единиц насосного оборудования для перекачивания воды, в настоящее время именуемые USEs, на которые приходится 60 % от общего потребления. Эти насосные станции оборудованы телефонной или радиосвязью. Есть группы станций, от 70 до 100 кВт, которые не были включены в USEs, потому что не имеют средств связи и находятся в местах, удаленных от городов и муниципальных офисов «Акведука», их потребление составляет не менее 80 % от общего потребления. Рабочие, специалисты, служащие и руководители, занимающие ключевые позиции USEs, также имеют связь между собой.

О системе мониторинга и контроля

Контроль и мониторинг энергии базируется на том, что операторы насосных станций ежедневно снимают показания расхода воды и электроэнергии, рассчитывая ежедневное потребление; они также проводят совместный съём показаний счетчиков с сотрудником энергокомпании один раз в день (реализации принципа комбинированного считывания); это делается с целью свести к минимуму разницу между значениями собственных снятых показаний и выставленного счета. На станциях, обладающих средствами связи, операторы сообщают ежедневное потребление бизнес-подразделению базы (UEB), к которой принадлежат и UEB компании. В компании разработан журнал потребления электроэнергии, в котором перечислены все электропотребители, а также ежедневный план, факт и ежедневный процент выполнения; эта информация анализируется и отождествляется по объёму не оказанных услуг.

Каждый месяц UEB готовит информацию о компании.

1. Таблица 1

Дата месяц

Обслуживание	Показания счетчика электроэнергии	Начальные значения	Конечные значения	% потерь	Потери при трансформации	План	Потребление (кВт · ч)	Индекс потребления (кВт · ч/м³)	План накопления	Фактическое накопление
Станция 1										
Всего										

2. Потребление электроэнергии биллинговой электрической компании (реализованное), табл. 2.

Таблица 2

Дата:

Расход в месяц: Коэффициент топлива

Название потребителя	Тариф	Сокращение спроса	Пртребление (кВт·ч)	Сумма, $	Цена 1 кВт·ч (песо)	Штрафы	Бонусы	Накопленный расход. (кВт·ч)	Потрери при трансформации (кВт·ч)
Всего									

3. Отчет об эффективности энергопотребления (имевшей место).

4. Сведения о замене насосного оборудования водоснабжения (имевшей место).

5. Сведения о генерирующих установках (имеющихся).

17 насосных станций, являющиеся ключевыми (USEs) и имеющие средства связи и 39 единиц насосного оборудования, ежедневно регистрируют в книге контроля станций значения показаний счетчиков и расчет потребления электроэнергии и сообщают в диспетчерскую UEB, к которой они принадлежат. Показатели потребления электроэнергии (кВт · ч/м^3) на уровне насосной станции, муниципалитета и предприятия рассчитываются и анализируются ежемесячно, с приоритетом в анализе ключевых позиций. Операторы ключевых постов, которые имеют цифровые измерительные приборы, в дополнение к записи потребления электроэнергии измеряют расход рабочего агента, максимальную нагрузку, коэффициент мощности и контролируют эти параметры.

Индекс фактического расхода сравнивается с номинальным и с полученным в тот же период прошлого года, причины отклонений анализируются.

Одной из ключевых является рекомендация измерять все ключевые параметры работы каждые шесть месяцев (например, максимальную мощность двигателя, необходимую для обеспечения насосом нужного расхода воды в сети и общего динамического напора).

Ежемесячная энергоэффективность UEB и компании контролируется путем анализа ряда показателей и параметров: индекс электроэнергии МВт · ч/тыс. м^3, топливный эквивалент индекса мл. экв /тыс. м^3, индекс энергоемкости мл. экв /МПа,

стоимость электроэнергии песо/МВт · ч, стоимость перекачивания 1 м^3 песо/м^3, устраненные утечки и т. д.

О глубокой энергетической диагностике оборудования

Ежегодно устраняется 16 000 утечек, но из-за плохого состояния магистральных и распределительных сетей появляются новые или возникают повторные аварии, которые не были устранены с должным качеством. Ликвидация гидравлических потерь является крупнейшим источником для экономии в компании «Акведук».

Был создан инструмент для мониторинга эффективности работы насосного оборудования; он также измеряет расход (л/с) при помощи цифрового расходомера, динамическую нагрузку общей гидравлической системы, с которой они работают (динамический уровень в скважине и повышение давления на выходе насоса измеряются с помощью манометра), и электрическую мощность, необходимую для работы распределительной сети (измерение мощности осуществляется двумя способами: непосредственно с помощью ваттметра и с помощью сетевого анализатора электрической мощности, потребляемой двигателем сети, $N_{эл}$), в результате можно оценить эффективность, с которой работает сборка *электродвигатель – водяной насос* (η_i):

$$\eta_i = \rho\, g\, Q\, H/N_{эл}, \qquad (3)$$

где ρ – плотность воды, 1000 кг/м^3; g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с^2; H – гидравлический напор системы, м; Q – расход, обеспеченный насосом, м^3/с.

На основании зависимости (3) была разработана таблица для каждого муниципалитета и установлено, что 62 единицы насосного оборудования работают с КПД менее 50 % (35 % от всего оборудования).

По программе замены оборудования, до февраля 2013 г., был установлен 101 новый, более эффективный погружной насос, получена экономия электроэнергии 6799 кВт · ч/сутки, что представляет собой сокращение ежедневного расхода 611,11 $/сутки.

Используя метод токов [11] и инструменты, разработанные, чтобы отслеживать эффективность, с которой работает оборудование откачки воды, был проведен расчет эффективности двух электрических двигателей и их насосов. КПД составил 0,85 для обоих двигателей и 0,83 и 0,82 – для их насосов, при этом они работали с производительностью более 90 % от максимальной.

До замены был произведен расчет коэффициента загрузки электродвигателей и определены 15 двигателей с коэффициентом нагрузки менее 50 %.

Был обновлен перечень трансформаторов насосных станций водоснабжения и проведено исследование о состоянии нагрузки трансформаторов, которые питают насосные станции. В результате выяснилось, что из 88 трансформаторов компании 56 работали с загруженностью ниже 50 % (67 %).

Выводы

1. Результаты углублённой диагностики показали, что из 88 трансформаторов компании 56 имеют загруженность ниже 50 %, что составляет 63 % от общего количества. Из 177 единиц насосного оборудования, работающего обычно, 62 работают с КПД менее 50 % (35 % от всего оборудования). 15 электродвигателей работают с коэффициентом загрузки менее 50 %. Наибольший резерв для экономии компании представляет ликвидация гидравлических потерь.

2. Принимаются меры для повышения энергоэффективности. Замена старого оборудования на новое даёт 6799 кВт/ч экономии в день и окупается быстро (по результатам анализа, менее чем за полгода). Работы по восстановлению оборудования и увеличению коэффициента мощности сократили финансовые расходы компании и повысили энергоэффективность территории. Разработана система управления ключевыми направлениями, что позволяет отслеживать нагрузку трансформаторов, эффективность, с которой работает насосное оборудования и состояние загрузки двигателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Borroto Aníbal, Monteagudo José P Yanes y Colectivo de autores, Gestión Y Economía Energética. Cienfuegos 2006.

2. Campos, Juan Carlos, Guía para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía basado en la ISO 50001, /s.l/. /s.n/. / 2012 /.

3. Normalización., Oficina Nacional de. Sistemas de Gestión de la Energía – Requisitos con orientación para su uso (NC-ISO 50001:2011, IDT). La Habana, Cuba, Oficina Nacional de Normalización. 2011.

4. Cabello Eras, J. J., et al, Tools to improve forecasting and control of the electricity consumption in hotels, Journal of Cleaner Production 137 (2016) 803-812.

5. Vogelesang H, Energy consumption in pumps: friction losses, World pumps № 499 April 2008.

6. Vyas Pareshkumar A., Bhale Purnanad V., Experimental Investigation on Energy Efficiency of Electrical Utilities in Process Industries through Standard Energy Conservation Practices, Energy Procedia 54 (2014) 199 – 210.

7. Went B, the systems approach to reducing carbon emissions, world pumps № 500 May 2008.

8. Durmus Kaya, eta al, Energy Efficiency in pumps, Energy Conversion and Management 49 (2008) 1662–1673.

9. García Morales O., Fredic González Cárdenas, Evelio Donate Cartas, Getting greater efficiency with modelling software, World pumps, june 2015.

10. García Morales O., Lázaro Rodríguez Bolaños y Fredic González Cárdenas, Aplicación de la herramienta de software PSIM para modelar sistemas con bombas, CD de Monografías de la Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos». Matanzas, 2012.

11. Percy Viego Felipe, Dr.C. Arturo Padrón Padrón ,Dr.C. Marcos de Armas Teyra , Dr.C. Ignacio Pérez Abril , Dr.C. Leonardo Casas Fernández. Eficiencia Energética en Sistemas de Suministro Eléctrico. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Universidad de Cienfuegos «Carlos Rafael Rodríguez». 2007.

УДК 735.29.(32)

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

В. И. Жилина – д-р экон. наук, профессор
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Энергоэффективные технологии, разрабатываемые на основе инновационных решений, – одно из приоритетных направлений энергетики. Основными требованиями к данным технологиям в системе инновационного менеджмента являются: техническая выполнимость, экономическая выгода, экологическая безопасность. Самые современные методы и разработки для обеспечения наиболее эффективной эксплуатации нашли свое применение в современном оборудовании компании – преобразователях частоты и устройствах плавного пуска, которые широко применяются для управления приводными механизмами насосных установок и позволяют существенно сократить потребление электроэнергии на объектах водоподготовки и водоочистки.

Часто используемый механический способ управления подачей насоса, или метод дросселирования, является крайне неэффективным с точки зрения экономии электроэнергии. В связи с этим, возникает вопрос: какое из двух технических решений является самым экономичным методом снижения потребления энергии – частотно-регулируемые приводы или циклическое управление?

В сфере обработки сточных вод включение/выключение центробежных насосов, как правило, выполняется под контролем системы управления технологическим процессом. Остаточная вода (то есть вода, поступающая из жилых или коммерческих зданий) обычно собирается в отстойниках или резервуарах для сточных вод до момента ее перекачки с помощью насосов на муниципальные водоочистные станции. С учетом некоторой периодичности использование устройств плавного пуска значительно снижает риск засорения насосов отходами, содержащимися в воде.

Циклическое управление является интересной альтернативой частотно-регулируемому приводу, несмотря на утрату гибкости при регулировании расхода. Другими словами, устройство плавного пуска считается подходящей и конкурентоспособной технологией, защищающей асинхронный электродвигатель от электрических перегрузок, механических ударов и вибрации при пуске, а также от гидравлических ударов в трубопроводной системе, возникающих при останове насоса. Кроме того, электродвигатель эксплуатируется в оптимальной рабочей точке и выключается на остальное время.

Приведем анализ энергосбережения решений управления с частотным регулированием и циклического управления для двух центробежных насосов (90 и 350 кВт).

Для анализа возможностей по экономии электроэнергии в этих насосах рассматривались три различные гидравлические системы: с преобладанием напора на преодоление трения, то есть отношение статического напора H_{st}, м, к максимальной гидравлической высоте H_{max}, м, составляет 5 %; с преобладанием статического напора – 50 %; с комбинированным напором – 25 % (рис. 1).

Рис. 1. Гидравлические системы, выбранные для анализа возможного энергосбережения

Следует отметить, что КПД устройств плавного пуска заметно снижается с увеличением количества пусков в час и сокращением интервалов рабочего времени, что обусловлено дополнительными потерями Джоуля при пуске и останове электродвигателя, а также работой тиристоров (рис. 2).

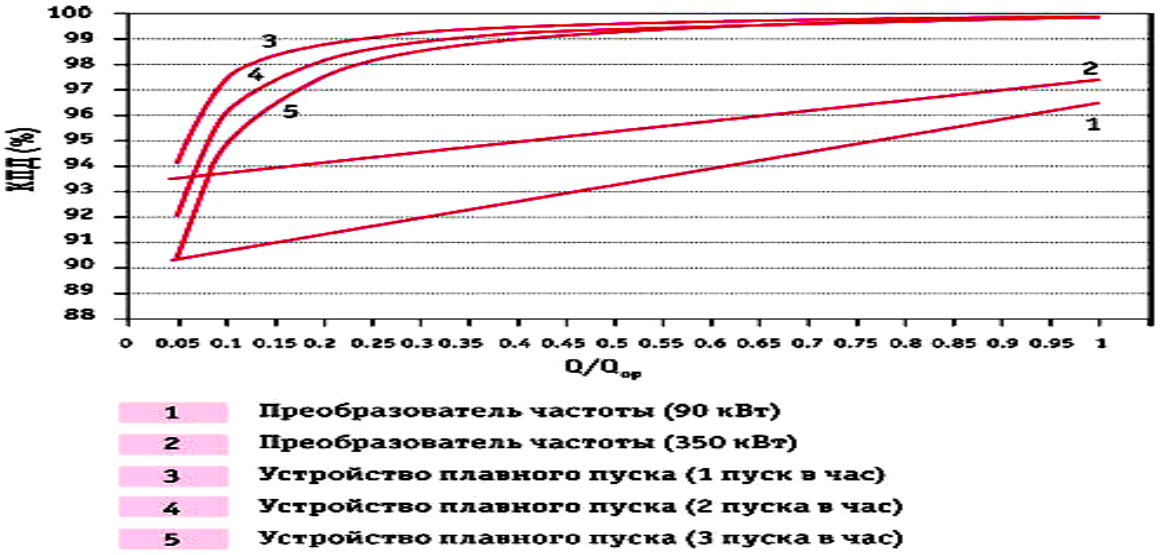


Рис. 2. Динамика КПД

Энергосбережение, достигнутое при использовании частотного и циклического управления в насосных системах 90 и 350 кВт, показано на рис. 3 и 4.

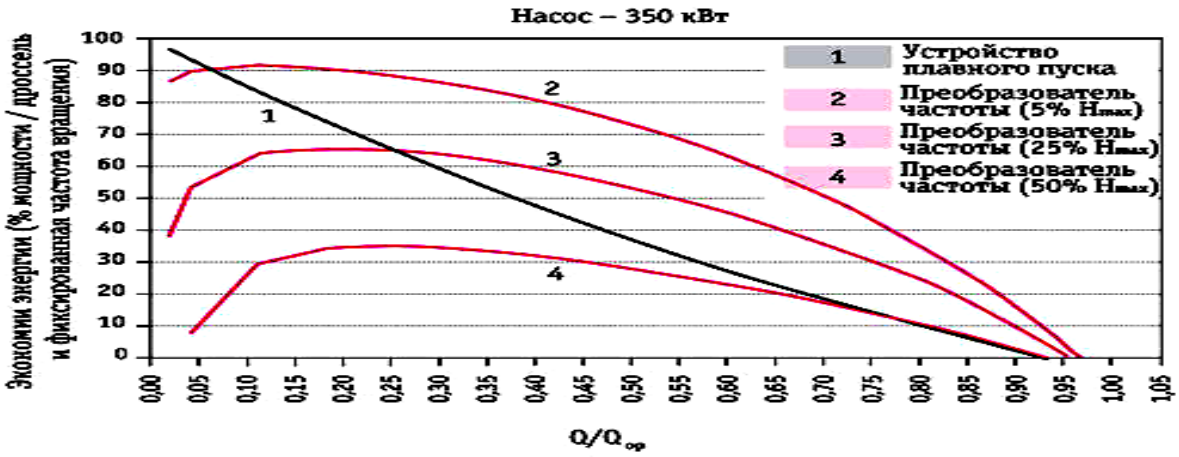


Рис. 3. Экономия энергии при частотном и циклическом управлении для насоса 90 кВт, %

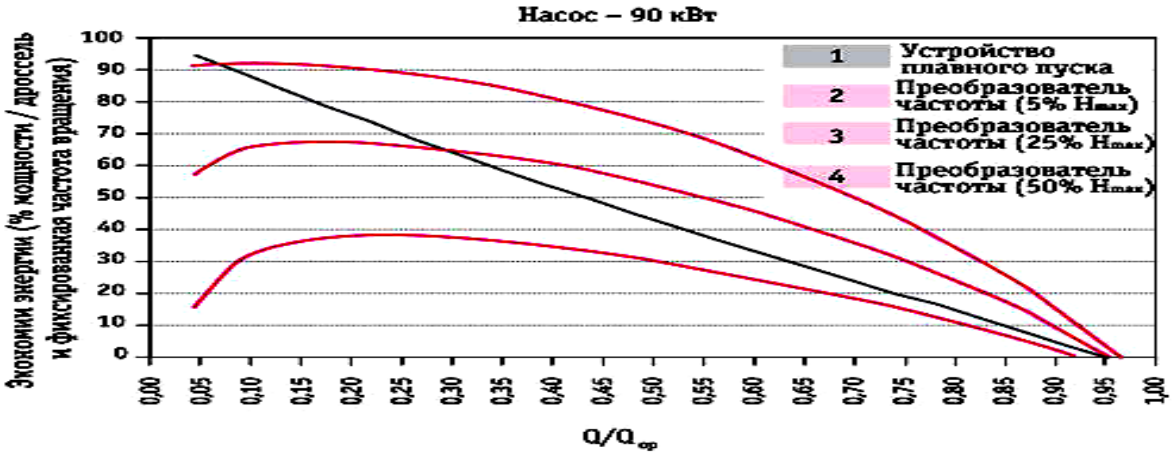


Рис. 4. Экономия энергии при частотном и циклическом управлении для насоса 350 кВт, %

В системах с преобладанием напора на преодоление трения (5 %) частотное управление обеспечивает более высокую экономию энергии практически во всем рабочем диапазоне (от 7 до 98 %) для обеих насосных систем. В случае насоса 90 кВт и в системе с преобладанием статического напора (50 %) циклическое управление является лучшим техническим решением по сравнению с использованием частотного преобразователя для всех рабочих точек. Преобразователь частоты обеспечивает чуть более высокую экономию энергии для насоса мощностью 350 кВт, но только в диапазоне от 75 до 92 % производительности насоса. При рассмотрении комбинированной гидравлической системы (25 %) управление посредством частотно-регулируемого привода позволяет получить более высокую экономию электроэнергии только для насосов с производительностью выше 28 % – для системы 90 кВт, и 24 % – для системы 350 кВт. В действительности, самая высокая экономия энергии при использовании частотного управления наблюдается в диапазоне производительности насоса от 15 до 20 %.

УДК 62-503.51

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ

В. В. Яхутль – магистрантка
С. А. Агринская – канд. техн. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Уровень является косвенным показателем гидродинамического равновесия в аппарате. Постоянство уровня свидетельствует о соблюдении материального баланса, когда приток жидкости равен стоку и скорость изменения уровня равна нулю. Следует отметить, что «приток» и «сток» здесь являются обобщенными понятиями. В простейшем случае, когда в аппарате не происходят фазовые превращения (сборники, промежуточные ёмкости, жидкофазные реакторы), приток равен расходу жидкости, подаваемой в аппарат, а сток – расходу жидкости, отводимой из аппарата. В более сложных процессах, сопровождающихся изменением фазового состояния веществ, уровень является характеристикой не только гидравлических, но и тепловых и массообменных процессов, а приток и сток учитывают фазовые превращения веществ. Такие процессы протекают в испарителях, конденсаторах, выпарных установках, ректификационных колоннах и т. п.

В общем случае изменение уровня описывается уравнением вида

$$S\frac{dL}{dt} = G_{\text{вх}} - G_{\text{вых}} \pm G_{\text{об}},$$

где S – площадь горизонтального (свободного) сечения аппарата; $G_{\text{вх}}$, $G_{\text{вых}}$ – расходы жидкости на входе в аппарат и выходе из него; $G_{\text{об}}$ – количество жидкости, образующейся (или расходуемой) в аппарате в единицу времени.

В зависимости от требуемой точности поддержания уровня применяют один из следующих способов регулирования:

1) позиционное регулирование, при котором уровень в аппарате поддерживается в заданных, достаточно широких пределах: $L_{\text{в}} \le L \le L_{\text{н}}$. Такие системы регулирования устанавливают на сборниках жидкости или промежуточных емкостях (рис. 1). При достижении предельного значения уровня происходит автоматическое переключение потока на запасную емкость;

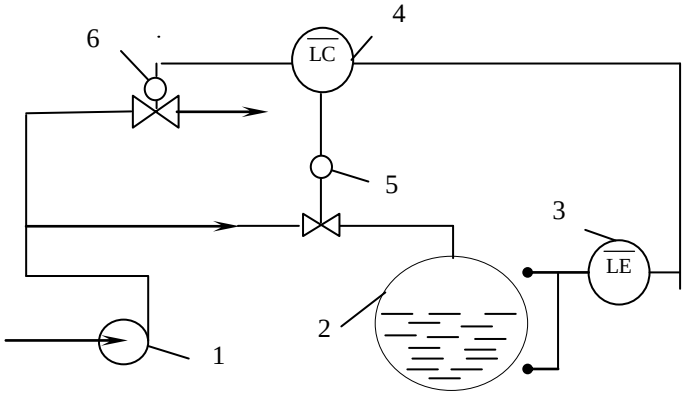


Рис. 1. Позиционное регулирование уровня:
1 – насос; 2 – аппарат; 3 – сигнализатор уровня;
4 – регулятор уровня; 5, 6 – регулирующие клапаны

2) непрерывное регулирование, при котором обеспечивается стабилизация уровня на заданном значении, то есть $L = L^0$.

Особенно высокие требования предъявляются к точности регулирования уровня в теплообменных аппаратах, в которых уровень жидкости существенно влияет на тепловые процессы.

При отсутствии фазовых превращений в аппарате уровень в нем регулируют одним из трех способов:

1) изменением расхода жидкости на входе в аппарат (регулирование «на притоке», рис. 2, а);

2) изменением расхода жидкости на выходе из аппарата (регулирование «на стоке», рис. 2, б);

3) регулированием соотношения расходов жидкости на входе в аппарат и выходе из него с коррекцией по уровню (каскадная АСР, рис. 2, в); отключение корректирующего контура может привести к накоплению ошибки при регулировании уровня, так как вследствие неизбежных погрешностей в настройке регулятора соотношения расходов жидкости на входе и выходе аппарата не будут точно равны друг другу, и вследствие интегрирующих свойств объекта уровень в аппарате будет непрерывно нарастать (или убывать).

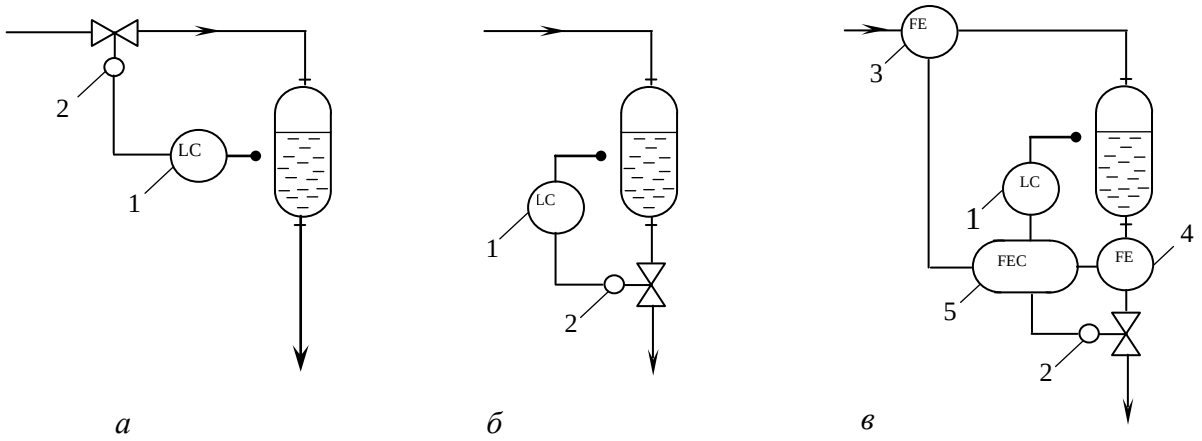


Рис. 2. Схемы непрерывного регулирования уровня:
а) регулирование «на притоке»; б) регулирование «на стоке», в) каскадная АСР
(1 – регулятор уровня; 2 – регулирующий клапан; 3, 4 – измерители расхода;
5 – регулятор соотношения)

Отключение корректирующего контура может привести к накоплению ошибки при регулировании уровня, так как вследствие неизбежных погрешностей в настройке регулятора соотношения расхода жидкости на входе и выходе аппарата не будут точно равны друг другу, и вследствие интегрирующих свойств объекта уровень в аппарате будет непрерывно нарастать (или убывать).

В случае, когда гидродинамические процессы в аппарате сопровождаются фазовыми превращениями, можно регулировать уровень изменением подачи теплоносителя (или хладоагента). В таких аппаратах уровень взаимосвязан с

другими параметрами (например, давлением), поэтому выбор способа регулирования уровня в каждом конкретном случае должен выполняться с учётом остальных контуров регулирования.

Математическая модель изменения уровня жидкости в резервуаре (рис. 3)

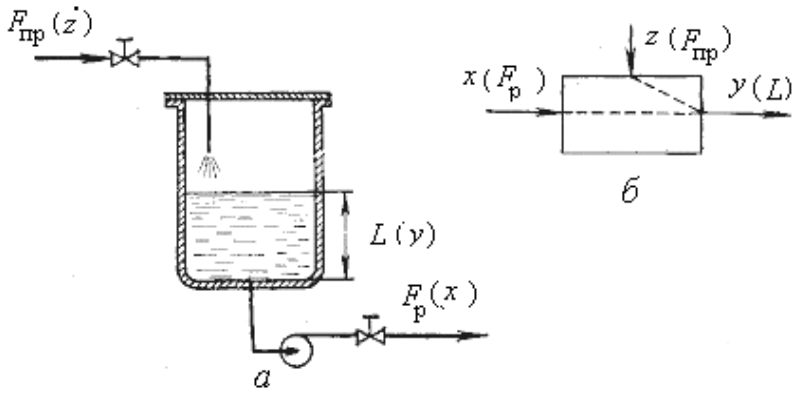


Рис. 3. Схемы резервуара для жидкости (а) и его динамических каналов (б)

Для нахождения зависимости уровня жидкости в аппарате L от входных величин $F_{пр}$ и $F_р$ (м^3/с) составим уравнение материального баланса аппарата:

$$F_{пр}dt = dV + F_р dt\,, \tag{1}$$

где V – объем жидкости в аппарате, м^3; t – время, с.

Отсюда скорость изменения объема жидкости в аппарате:

$$\frac{dV}{dt} = F_{пр} - F_р\,. \tag{2}$$

Скорость изменения уровня жидкости L, если площадь горизонтального сечения аппарата A (м^2) неизменна по высоте:

$$\frac{dL}{dt} = \frac{1}{A}\left(F_{пр} - F_р\right). \tag{3}$$

Таким образом, скорость изменения уровня в резервуаре пропорциональна разности потоков жидкости на входе и выходе. Уровень жидкости принимает постоянные значения во времени (скорость dL/dt = 0) только при отсутствии рассогласования потоков $F_{пр}$ и $F_р$.

Проинтегрируем уравнение (3) в пределах от 0 до t:

$$\frac{dL}{dt} = \int\left(F_{пр} - F_р\right)dt + L_0\,. \tag{4}$$

Следовательно, выходная величина объекта пропорциональна интегралу от изменения его входных величин.

При ступенчатом изменении нагрузки объекта на величину ΔF уровень жидкости L изменяется по зависимости (рис. 4):

$$L = \frac{\Delta F}{A} t + L_0 . \tag{5}$$

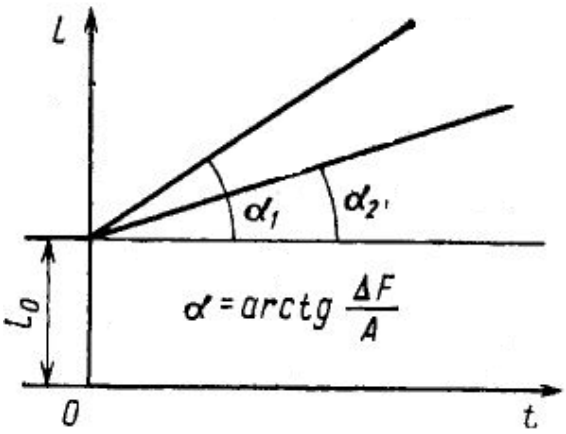


Рис. 4. Переходная характеристика нейтрального объекта первого порядка

Как следует из уравнения (5), скорость изменения выходной величины при ступенчатом возмущении ΔF постоянна и равна

$$\frac{dL}{dt} = \frac{\Delta F}{A} . \tag{6}$$

При расчетах систем автоматизации уравнение динамики объекта представляют в относительных величинах. Предполагая, что $F_{пр}$ является возмущением, а $F_р$ – регулирующим воздействием (рис. 3), имеем:

$$y = \frac{\Delta L}{L_0}; \quad x = \frac{\Delta F}{F_0}; \quad z = \frac{\Delta F_{пр}}{F_0}, \tag{7}$$

где L_0 и F_0 – значения соответствующих величин при равновесном состоянии объекта.

Записав уравнение (3) в приращениях и введя относительные величины, получим уравнение динамики

$$\frac{AL_0}{F_0} \frac{dy}{dt} = z - y . \tag{8}$$

Из уравнения (8) видно, что отношение AL_0/F_0 имеет размерность времени. Его называют *временем разгона* объекта и обозначают через T_ε. Под этим термином пронимают время, в течение которого выходная величина объекта y, изменяясь с постоянной скоростью, достигает значения входной величины z. Время разгона T_ε прямо пропорционально емкости объекта и характеризует его инерционные свойства.

Заменяя коэффициент в левой части уравнения (8) через T_ε, получим уравнение динамики нейтрального объекта первого порядка в общем виде:

$$T_\varepsilon \frac{dy}{dt} = z - x. \tag{9}$$

Интегрируя уравнение (9), найдем

$$y = \frac{1}{T_\varepsilon}\int_0^t (z - x)dt. \tag{10}$$

В данном случае $x = 0$. Величину, обратную T_ε, часто называют *скоростью разгона объекта* ε, под которой понимают скорость изменения выходной величины y при предварительном ступенчатом изменении входной величины z, равном единице. Действительно, при единичном ступенчатом возмущений $z - x = 1(t)$ изменение выходной величины y подчиняется зависимости

$$h(t) = y = \frac{1}{T_\varepsilon} t. \tag{11}$$

Передаточная функция нейтрального объекта первого порядка

$$W(p) = \frac{1}{T_\varepsilon(p)}. \tag{12}$$

В динамическом отношении такой объект представляет собой интегрирующее звено.

Нейтральным объектам первого порядка присущи только емкостные (инерционные) свойства, что выражается, например, при регулировании уровня L, степенью влияния величины $F_{пр} - F_р$ на скорость dL/dt. Это влияние зависит от площади поперечного сечения аппарата. При большем значении A скорость изменения уровня меньше и наоборот (рис. 4).

Для рассмотренного выше аппарата емкость равна

$$C = \frac{F_{пр} - F_р}{dL/dt}. \tag{13}$$

Емкость резервуара численно равна площади его горизонтального сечения. Единица измерения емкости в данном случае – м^2.

Емкость объектов зависит от протекающих в них процессов. Так, емкость тепловых объектов, в которых осуществляется теплообмен при регулировании в них температуры, находят по изменению теплового потока Δq, Вт, вызывающего приращение температуры T на 1 °С в течение 1 ч:

$$C = \frac{\Delta q}{dT/dt}. \tag{14}$$

Емкость аппарата зависит от теплоемкости $c_т$ находящегося в нем продукта. Единицей измерения емкости теплового объекта является Дж/°С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вальков, В. М., Вершин, В. Е. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / В. М. Вальков, В. Е. Вершин. – Л. : Политехника, 1991.

2. Лысенко, Э. В. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами / Э. В. Лысенко. – М. : Радио и связь, 1987.

3. Голубятников, В. А., Шувалов, В. В. Автоматизация технологических процессов в химической промышленности / В. А. Голубятников, В. В. Шувалов. – М. : Химия, 1985.

4. Справочник проектировщика автоматизированных систем управления производственными процессами / Под ред. Г. JI. Смилянского. – М. : Машиностроение, 1983.

УДК 621-61

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ НА ТЭЦ

Н. А. Глухова – студентка
Е. В. Дорошенко – инженер 2 категории
М. В. Трохимчук – канд. геол.-минерал. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Тепловые насосы являются в настоящее время приоритетным объектом исследований и разработок с целью энергосбережения.

Как известно, недогрузка ТЭЦ по теплу фактически «запирает» большое количество электроэнергии, которое не может быть выработано в связи с отсутствием тепловой нагрузки [6]. Так, в неотопительный период на ТЭЦ-2 в г. Волгограде работает один блок с номинальной мощностью 80 МВт электрической и 200 МВт (172 Гкал/ч) тепловой энергии. В связи с тем, что летом нагрузка по теплу для ГВС по городу составляет около 70 МВт (~60 Гкал/ч), блок не может развивать номинальную мощность, и его располагаемая мощность летом составляет около 50 МВт. Но, чтобы выдать такую мощность, приходится тратить топливо и на выработку более чем 120 МВт (~103 Гкал/ч) тепловой мощности, которая частично используется для ГВС, собственные нужды станции и частично теряется в окружающую среду. Коэффициент использования топлива значительно снижается в межсезонный период. Термодинамический анализ паросилового цикла турбины показал, что можно увеличить количество выдаваемой электроэнергии за счет снижения давления в конденсаторе путем снижения температуры в системе водяного охлаждения после башенной градирни. Это достигается подключением теплового насоса (ТН), который будет работать за счет отбираемого пара с теплофикационного или промышленного отбора турбины, используемого только в отопительный период при необходимости снятия пиковых

нагрузок по отоплению. ТН при этом вырабатывает (с коэффициентом преобразования 1,3-1,4) холод и тепло, которые, соответственно, используются для снижения давления конденсации и выработки дополнительной электроэнергии и на собственные нужды станции. При этом, если отобрать с теплофикационного отбора турбины 20 МВт тепловой энергии с паром для работы ТН, то можно получить 26-28 МВт тепла и холода. Это позволит несколько увеличить выработку электроэнергии, а полученную часть тепла вернуть на собственные нужды ТЭЦ, например, на подогрев подпиточной воды, снизив, таким образом, расход топлива на котел, а также увеличить выработку электроэнергии на тепловом потреблении. На рис. 1 приведена структурная схема включения теплового насоса в технологическую схему ТЭЦ.

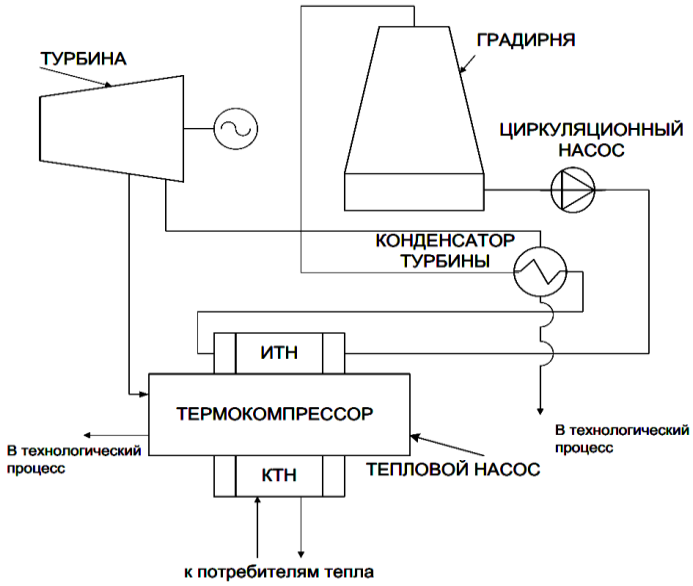


Рис. 1. Структурная схема включения теплового насоса в технологическую схему ТЭЦ: ИТН – испаритель теплового насоса; КТН – конденсатор теплового насоса

Зададимся теплотой сгорания условного топлива:

$$Q_H^P = 29{,}33\,\frac{\text{МДж}}{\text{кг}}.$$

Рассмотрим уравнение энергетической характеристики турбины ПТ-80/100 – 130/13 [18]:

$$Q_{TURB} = 16{,}3 + 1{,}98\,N - 0{,}965\,N_{\text{Т}} + Q_{\text{Т}} + Q_{\text{П}};$$

$$N_{\text{Т}} = \frac{0{,}542 Q_{\text{Т}}}{(10\,p_{\text{Т}})^{0{,}14}} + 0{,}301 Q_{\text{П}} \left(\frac{1{,}3}{P_{\text{П}}}\right)^{0{,}34} - (11{,}6 - 0{,}0217 Q_{\text{Т}}),$$

где Q_{TURB} – расход теплоты на турбину, МВт; $Q_{\text{П}}, Q_{\text{Т}}$ – тепловые нагрузки П- и Т-отборов турбины, МВт; $p_{\text{Т}}$ – давление в отопительном отборе (при наличии

двух отопительных отборов – в верхнем отопительном отборе), МПа; $N_{\text{Т}}$ – электрическая мощность, развиваемая на тепловом потреблении, МВт; N – номинальная мощность турбин, МВт.

Определим разность в выработке электрической энергии, теплофикационную мощность и расход теплоты на турбину при различных тепловых нагрузках на отборах.

При включении в работу ТНУ расход пара на турбину и теплофикационная выработка вырастут, соответственно, на величины:

$$dQ_{\text{Т}} = Q_{\text{Т1}} - Q_{\text{Т0}};$$

$$dN_{TURB} = (N_{\text{Т1}} - N_{\text{Т0}}) = \frac{0{,}544 Q_{\text{Т1}}}{(10\,p_{\text{Т0}})^{0{,}14}} - \frac{0{,}544 Q_{\text{Т0}}}{(10\,p_{\text{Т0}})^{0{,}14}} + 0{,}0217(Q_{\text{Т1}} - Q_{\text{Т0}});$$

$$\Delta Q_{TURB} = -0{,}965\,N_{\text{Т1}} + 0{,}965\,N_{\text{Т0}} + 1{,}0217\,(Q_{\text{Т0}} + Q_{\text{Т1}}) =$$

$$= -0{,}965\,dN_{TURB} + 1{,}0217\,(Q_{\text{Т0}} + Q_{\text{Т1}}).$$

Расход топлива при этом изменится на величину

$$\Delta B_1 = 0{,}123 \frac{dQ_{TURB}}{\eta_{\text{К}}}.$$

Исходные данные для расчета: номинальная теплота, отбираемая с теплофикационных отборов турбины, $Q_{\text{Т0}} = 60$ МВт; теплота, отбираемая при включении теплового насоса, $Q_{\text{Т1}} = 85$ МВт, давления пара в теплофикационных отборах $p_{\text{Т0}} = p_{\text{Т1}} = 0{,}11$; КПД котла $\eta_{\text{К}} = 0{,}9$.

На графике, рис. 2, приведены зависимости простого срока окупаемости рассмотренной системы (лет) в зависимости от тарифов на электроэнергию в долларах за 1 кВт·ч.

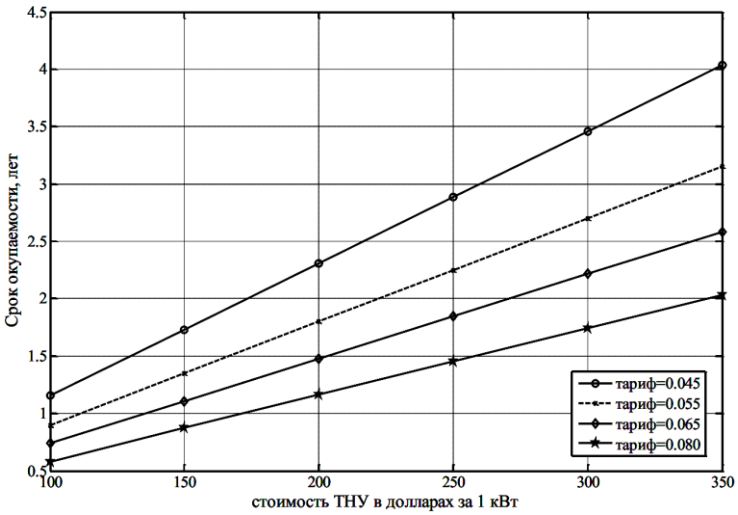


Рис. 2. Зависимость срока окупаемости ТНУ от эффективности ТНУ и цены за 1 кВт ТНУ

Из рис. 3 следует, что этот проект является прибыльным при стоимости 1 кВт установленной тепловой мощности ТНУ не более 140 долларов США при тарифе за электроэнергию не более 0,08 доллара/1 кВт·ч.

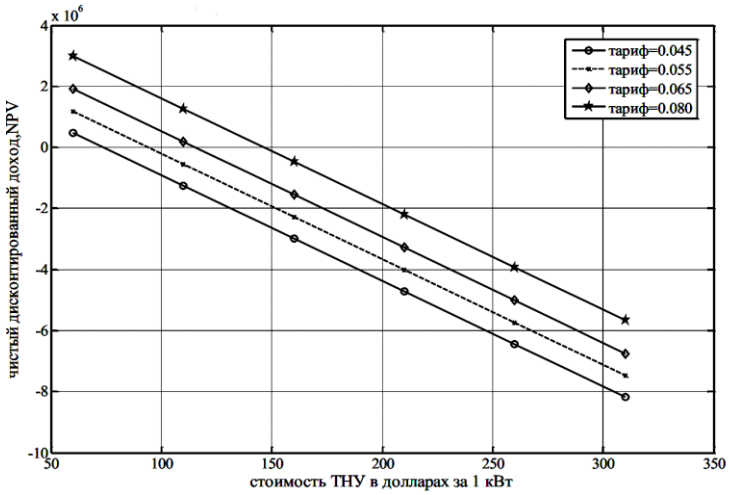


Рис. 3. Зависимость чистого дисконтированного дохода
от тарифа на электроэнергию и цены за 1 кВт ТНУ

Следует отметить также, что абсорбционные ТНУ на ТЭЦ могут применяться и для утилизации тепла дымовых газов.

Выводы. Рассмотрена методика определения экономического эффекта от применения тепловых насосов на ТЭЦ. Применение абсорбционных тепловых насосов на ТЭЦ эффективно при стоимости 1 кВт тепловой мощности ТНУ не более 140 долларов США/1 кВт тепловой мощности при тарифе на электрическую энергию не более 0,08 доллара США/1кВт·ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчаренко, В. А. Овчаренко, А. В. Використання теплових насосів / В. А. Овчаренко, А. В. Овчаренко // ХолодМ+Т. – 2006. – № 2. – С. 34-36.

2. Бурдуков, А. П., Петин, Ю. М. Технология использования геотермального и сбросного тепла предприятиями / А. П. Бурдуков, Ю. М. Петин //
http://www.risp.ru/~energy/publication.doc

3. Калнинь, И. М. Энергосберегающие теплонасосные технологии / И. М. Калнинь // http://gmar.ru/Statyi11.htm

4. Жидович, И. С., Трутаев, В. И. Системный подход к оценке эффективности тепловых насосов / И. С. Жидович, В. И. Трутаев //
http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=189&name=_9GnxH2

5. Westermark Matts «Swedish plants with integration of absorption cooling and flue gas condensation», ZAE – Sympozium 11-12 december 2006, «Biomasse Polygeneration – die Zukunft» http://www.zae-bayern.de/files/westermark_zae-symposium06.pdf

6. Галимова, Л. В., Попов, А. А. Система ТЭЦ – абсорбционная холодильная машина / Л. В. Галимова, А. А. Попов // Холодильная техника. – 1998. – № 10. – С. 8-9.

7. Эксергетические расчеты технических систем: Справочное пособие / Под ред. А. А. Долинского и В. М. Бродянского. – Киев : Наукова думка, 1991. – 360 с.

8. Автоматизация управления предприятием / В. В. Баронов и др. – М. : Инфра-М, 2000. – 239 с.

УДК 621.91

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ КАК ИСТОЧНИК АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Н. А. Глухова – студентка
Е. В. Дорошенко – инженер 2 категории
М. В. Трохимчук – канд. геол.-минерал. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

В современном мире перед учеными всего мира стоит проблема нахождения и разработки новых альтернативных технологий, которые можно было бы назвать безотходными, безопасными и неисчерпаемыми. К ним относят, прежде всего, установки и устройства, использующие энергию ветра, воды, солнца, геотермальную энергию, а также тепло, содержащееся в воде, воздухе и земле. Одним из таких источников являются тепловые насосы.

Тепловым насосом называется термодинамическая система (техническое устройство), позволяющая трансформировать теплоту с низкого температурного уровня (непригодную для прямого использования) на более высокий при определенных затратах механической (электрической) энергии [1]. К очевидным преимуществам теплового насоса можно отнести:

– экономичность. Низкое энергопотребление достигается за счет высокого КПД (от 300 до 800 %) и позволяет получить на 1 кВт фактически затраченной энергии 3-8 кВт тепловой энергии или до 2,5 кВт мощности по охлаждению на выходе;

– экологичность. Экологически чистый метод отопления и кондиционирования как для окружающей среды, так и для людей, находящихся в помещении. Применение тепловых насосов – это сбережение невозобновляемых энергоресурсов и защита окружающей среды, в том числе и путем сокращения выбросов CO_2 в атмосферу;

– безопасность. Нет открытого пламени, выхлопа, сажи, запаха солярки, исключена утечка газа, разлив мазута. Нет пожароопасных хранилищ для угля, дров, мазута или солярки;

– надежность. Минимум подвижных частей с высоким ресурсом работы. Независимость от поставки топочного материала и его качества. Защита от перебоев с электроэнергией. Практически не требует обслуживания. Срок службы теплового насоса составляет 15-25 лет;

– гибкость. Тепловой насос совместим с любой циркуляционной системой отопления, а современный дизайн позволяет устанавливать его в любых помещениях;

– универсальность по отношению к виду используемой энергии;

– широкий диапазон мощностей (от долей до десятков тысяч киловатт).

В современном мире тепловые насосы уже активно используются во многих странах. По данным на 1997 г. во всем мире тепловых насосов всех типов насчитывалось около 90 млн шт. Около 57 млн шт. из них приходится на долю Японии, 13,5 млн шт. – США, 10 млн шт. – Китая и только 4,28 млн шт. – Европы (без России и стран СНГ). Количество произведенных и установленных тепловых насосов увеличивается с каждым годом [2].

Опыт применения тепловых в насосов в РФ на сегодняшний день не столь богат и носит скорее локальный характер [3]. Но за прошедший год уже обозначились географические предпочтения в использовании нового оборудования. Наибольший интерес к нему проявили как на юге страны, в частности, в Краснодарском крае, так и в Приморье – крае с абсолютно иным, по сравнению с Краснодаром, климатом и иными условиями строительства. Есть примеры эксплуатации экспериментальных энергоэффективных жилых домов в г. Москве [4].

Красноярский край обладает огромными запасами источников естественного низкопотенциального тепла: благополучный по обеспеченности водными ресурсами (огромные водные бассейны рек Енисей, Ангара и т. д., температура которых в среднем меняется от 1,5...2,0 °С зимой, до 10...11 °С летом), тепло грунта (на глубине 5-7 м температура практически постоянна в течение всего года – 5-8 °С). Являясь экономически достаточно развитым субъектом РФ, край обладает также и источниками искусственного (вторичного) низкопотенциального тепла: вентиляционный воздух из жилых, офисных, торговых помещений; отработанный воздух или вода производственных технологических процессов (на регион приходится 3,2 % всего объёма промышленной продукции); тепло отработанных газов при сжигании топлива; канализационные стоки, сточные воды и др.

Все эти обстоятельства дают Красноярскому краю огромный потенциал в области применения тепловых насосов как в частном, так и в промышленном масштабе. ЗАО «Энергия» (Новосибирск) представило проект теплоснабжения г. Дивногорска Красноярского края, расположенного в непосредственной близости от Красноярской гидроэлектростанции (ГЭС) на Енисее. В настоящее время этот город с численностью населения около 40 тыс. человек отапливается с помощью электрокотельных. Потребность в теплоте для отопления и горячего водоснабжения составляет около 120 МВт. Возросшая стоимость электроэнергии приводит к тому, что более 50 % годового бюджета города расходуется на теплоснабжение жилья и социальной сферы.

Переход на альтернативные источники тепловой энергии – первоочередная задача администрации города. Теплонасосные установки являются наиболее оптимальным решением энергетической проблемы города. Источником низкопотенциальной теплоты для тепловых насосов будет служить вода Енисея.

Реализация проекта позволит снизить годовой расход электроэнергии на отопление и горячее водоснабжение города на 400 000 МВт · ч и высвободить соответствующую мощность Красноярской ГЭС; получить экономию бюджетных средств города в 100 млн руб. в год; отказаться от применения других альтернативных систем отопления, ухудшающих экологическую обстановку в городе;

улучшить экологическую обстановку в регионе в результате ликвидации незамерзающей поверхности воды в реке ниже бьефа.

В настоящее время начато проектирование первой очереди теплонасосного теплоснабжения. Ориентировочная стоимость всего проекта 400 млн руб.

Опыт применения тепловых насосов в мире показывает их эффективность как в экономическом, так и в экологическом плане. Обладая громадными запасами источников низкопотенциального тепла РФ, и Красноярский край в частности, имеет значительный потенциал для перехода к использованию данного вида альтернативного источника тепла, позволяющего экономить колоссальные средства, уменьшая влияние энергетики на экологическую обстановку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшков, В. Г. Тепловые насосы : Аналитический обзор / В. Г. Горшков // Справочник промышленного оборудования. – М., 2005. – № 4(7).

2. Луканин, П. В., Саунин, В. И. Тепловые насосы – состояние и перспективы / П. В. Луканин, В. И. Саунин // Тезисы докладов и сообщений 5-го Минского международного форума по тепло- и массообмену, Минск, 24-28 мая 2004. – Минск : Институт тепло- и массобмена им. А. В. Лыкова, 2004. – 478 с.; Ч. 2.

3. Райх, В. Российский рынок тепловых насосов / В. Райх // Мир Климата. – 2007. – № 3.

4. Васильев, Г. П. Энергоэффективный экспериментальный жилой дом в микрорайоне Никулино-2 / Г. П. Васильев // АВОК. – 2002. – № 4.

УДК 621.577

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В РЕГИОНАХ РОССИИ

Н. А. Глухова – студентка
Е. В. Дорошенко – инженер 2 категории
М. В. Трохимчук – канд. геол.-минерал. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Целью данной работы является определение и разработка видов тепловых насосов для регионов России.

При использовании в качестве источника тепла скалистой породы трубопровод опускается в скважину. Не обязательно использовать одну глубокую скважину, можно пробурить несколько неглубоких, более дешевых скважин, главное получить общую расчетную глубину.

Для расчетов можно использовать следующее соотношение: на 1 м скважины приходится 50-60 Вт тепловой энергии. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходима скважина глубиной 200-170 м.

При использовании в качестве источника тепла участка земли трубопровод зарывается в землю на глубину промерзания грунта (выбирается для конкретного

региона). Минимальное расстояние между соседними трубопроводами – 0,8-1,2 м. Специальной подготовки почвы, засыпок и т. п. не требуется. Предпочтения к грунту – желательно использовать участок с влажным грунтом, идеально – с близкими грунтовыми водами, однако сухой грунт не является помехой – это приводит лишь к увеличению длины контура. Ориентировочное значение тепловой мощности, приходящейся на 1 м трубопровода, – 20-30 Вт. Для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходим земляной контур длинной 500-333 м. Для укладки такого контура потребуется участок земли площадью около 600-400 м^2 соответственно. При правильном расчете контур, уложенный в землю, не оказывает влияния на садовые насаждения, и участок может использоваться для выращивания культур точно так же, как и при отсутствии внешнего коллектора.

При использовании в качестве источника тепла воды ближайшего водоема или реки контур укладывается на дно. Этот вариант является идеальным с любой точки зрения: короткий внешний контур, «высокая» температура окружающей среды (температура воды в водоеме зимой всегда положительная), высокий коэффициент преобразования энергии тепловым насосом. Главное условие – водоем должен быть проточным и достаточным по размерам. Ориентировочное значение тепловой мощности, приходящейся на 1 м трубопровода, – 30 Вт. Для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходимо уложить в озеро контур длинной 333 м. Чтобы трубопровод не всплывал, на 1 погонный метр трубопровода устанавливается около 5 кг груза.

Вместо того чтобы извлекать энергию из скважин, земли или водоема, воздушный тепловой насос собирает энергию из окружающего воздуха. Если возможности разместить земляной коллектор нет, данная модель теплонасосной установки является наилучшим выбором. Точно так же, как и обычные теплонасосные установки, тепловой насос воздух-вода дает тепло и горячую воду в дом и сокращает потребление энергии до 75 %. Однако в силу технических причин теплонасосные установки с воздушным контуром имеют серьезное ограничение в применении: минимальная температура наружного воздуха -20 °С.

Причем, начиная с температуры наружного воздуха -10 °С, подключается резервный электрокотел, так как коэффициент преобразования (КПД теплового насоса) снижается. И, таким образом, при температуре -20 °С и ниже, по сути, работает только электрический нагрев [1, 4].

Эффективность тепловых насосов принято характеризовать величиной безразмерного коэффициента трансформации энергии K_{tr}, определяемого для идеального цикла Карно по следующей формуле [2]:

$$K_{tr} = \frac{T_{oui}}{T_{oui} - T_{in}}, \qquad (1)$$

где T_{oui} и T_{in} – температуры, соответственно, на выходе и входе из насоса. Реальный коэффициент трансформации отличается от идеального на величину коэффициента h (таблица).

Таблица

Степень термодинамического совершенства

Мощность, кВт	Тип компрессора	Эффективность (степень термодинамического совершенства) *h*, доли ед.
300–3000	открытый центробежный	0,55–0,75
50–500	открытый поршневой	0,50–0,65
20–50	полугерметичный	0,45–0,55
2–25	герметичный, с R-22	0,35–0,50
0,5–3,0	герметичный, с R-12	0,20–0,35
< 0,5	герметичный	< 0,25

Основными составными элементами внутренних контуров тепловых насосов (рисунок) являются: компрессор (получает энергию от электрической сети), конденсатор, испаритель, терморасширительный клапан (капилляр).

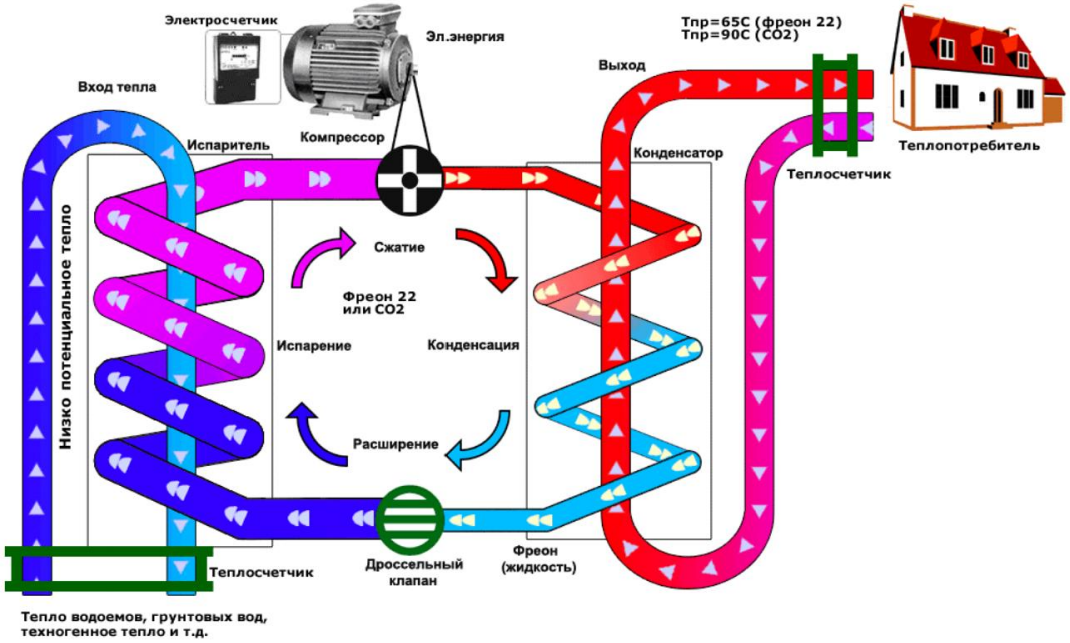


Рисунок. Схема теплового насоса

Хладагент поступает в испаритель под давлением через капиллярное отверстие, там за счёт резкого снижения давления происходит испарение. При этом хладагент забирает тепло у внутренних стенок испарителя, а испаритель, в свою очередь, забирает тепло у грунтового контура, таким образом, происходит его постоянное охлаждение. Компрессор, всасывая из испарителя хладагент, сжимает его, температура хладагента растет и выталкивает в конденсатор. Далее в конденсаторе нагретый хладагент в результате сжатия отдает полученное тепло (температура около 85-125 °С) в отапливаемый контур и полностью переходит в жидкое состояние. Затем процесс циклично повторяется. Когда достигается нужная температура, терморегулятор, размыкая электрическую цепь, останавливает компрессор. После снижения температуры в отопительном контуре терморегулятор вновь замыкает цепь и включается компрессор.

Основные преимущества тепловых насосов: экономичность, доступность и повсеместность, экологичность, универсальность, безопасность [3, 4].

Особенности:

1) тепловые насосы оправдывают себя только в хорошо утепленных зданиях, которые имеют теплопотери не более 100 Вт/м^2;

2) чем меньше разница температур теплоносителей во входном и выходном контурах, тем больше коэффициент преобразования тепла;

3) для достижения большей выгоды практикуется использование тепловых насосов в паре с дополнительным генератором тепла.

Вывод. Тепловые насосы экономичны и экологичны; оправдывают себя в хорошо утепленных зданиях с малой разницей температур теплоносителей во входном и выходном контурах; универсальны и подходят для любого региона России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рей, Д., Макмайкл, Д. Тепловые насосы / Д. Рей, Д. Макмайкл. – М. : Энергоиздат, 1982.

2. Хайруллин, И. Д., Закиров, Д. Д. Положительные аспекты внедрения технологий отопления с применением тепловых насосов / И. Д. Хайруллин, Д. Д. Закиров // Энергосбережение и проблемы энергетики Западного Урала. – 1999. – № 3. – С. 27-28.

3. Фёдоров, С. В. Использование тепловых насосов с целью экономической выгоды / С. В. Фёдоров // Вестник НГИЭИ. – 2001. – С. 12-14.

4. Давыдчев, Р. А. Города России: проблемы строительства инженерного обеспечения, благоустройства и экологии / Р. А. Давыдчев, Ю. В. Марков, Л. Н. Козина // Вестник НГИЭИ. – Пенза, 2011. – С. 207.

УДК 620.95.003

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

А. К. Васильев, В. Н. Геннадиев, П. А. Щуров – студенты
специальности «Электрические станции, сети и системы»
В. И. Ильина – преподаватель
ГБПОУ «Волгоградский энергетический колледж», г. Волгоград, Россия

Альтернативные источники энергии –
это не альтернатива существования энергии, а ее будущее,
и вопрос лишь в том, когда это будущее наступит,
и что мы можем сделать, чтобы его приблизить.

Сегодня энергетика мира базируется на невозобновляемых источниках энергии – горючих органических и минеральных ископаемых, а также на энергии рек и атома. В качестве главных энергоносителей выступают нефть, газ и уголь. Ближайшие перспективы развития энергетики связаны с поисками лучшего соотношения энергоносителей, с попытками уменьшить долю жидкого

топлива. Для этого периода характерны развитие энергосберегающих технологий и всемерная экономия энергии.

Влияние тепловых электрических станций на окружающую среду

Современный этап научно-технической революции характеризуется широким вовлечением в сферу человеческой деятельности всех основных ресурсов оболочки Земли. По большинству веществ (твердые частицы, оксиды серы и углерода) антропогенные выбросы оказываются соизмеримыми с естественными выбросами соответствующих веществ, а в некоторых случаях превосходят их. Из общих антропогенных выбросов на долю энергетики приходится около 20-30 %. В настоящее время определяющая роль в производстве электроэнергии в Волгограде, как и во всем мире, принадлежит тепловой энергии на органическом топливе [1].

Тепловые электростанции оказывают существенное воздействие на состояние воздушного бассейна в районе их расположения. На рисунке показаны основные факторы воздействия ТЭС на окружающую среду. Кроме выбросов вредных веществ из дымовых труб в результате деятельности станции образуется значительный объём золошлаковых отходов. ТЭС также оказывают вредное физическое воздействие на окружающую среду, производя акустическое, вредное тепловое воздействие на окружающую среду. Тепловые станции также влияют на ландшафт местности. Вредное воздействие оказывается на водоемы, в которые сбрасывается большое количество тепла, повышающее температуру воды в них, что влияет на изменение флоры и фауны, значительное количество тепла попадает в атмосферу с уходящими газами из-за неполного сгорания (химический и механический недожог) вследствие потери изоляции конструктивных элементов.

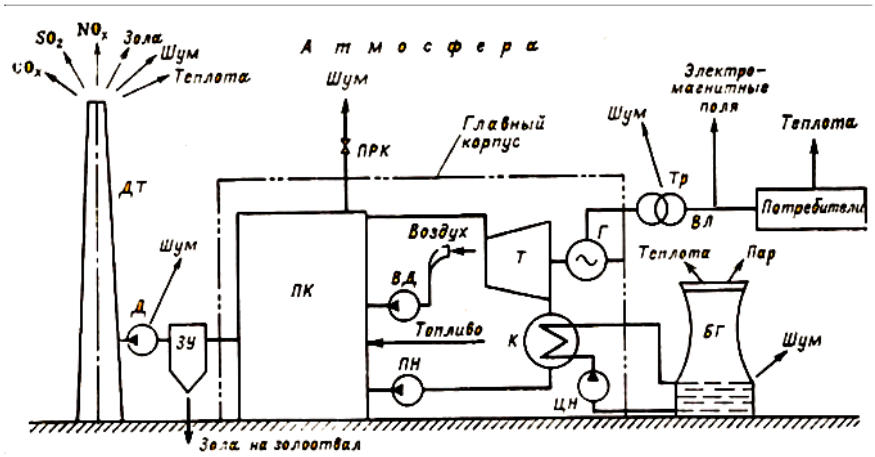


Рисунок. Схема взаимодействия ТЭС с атмосферой

С экологической точки зрения тепловые электрические станции представляют собой длительно (десятки лет) и непрерывно действующие источники выбросов в атмосферу продуктов сгорания топлива, солей хлора и фтора. В дымовых газах содержатся пары соляной и плавиковой кислот.

Энергетическому производству сопутствуют также различные загрязнённые стоки, связанные с процессом водоподготовки, консервации и промывки оборудования, гидротранспортом твёрдых отходов и другие. В результате сжигания всех видов твёрдого топлива образуется значительное количество золошлаковых отходов.

Альтернативные источники энергии – совокупность перспективных способов получения, передачи и использования энергии. Основным направлением альтернативной энергетики является поиск и использование альтернативных источников энергии. Альтернативный источник энергии является возобновляемым ресурсом, он заменяет собой традиционные источники энергии, функционирующие на нефти, добываемом природном газе и угле, которые при сгорании выделяют в атмосферу углекислый газ, способствующий росту парникового эффекта и глобальному потеплению. Причина поиска альтернативных источников энергии – потребность получать её из энергии возобновляемых или практически неисчерпаемых природных ресурсов и явлений.

Ветроэнергетика – отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном хозяйстве. При строительстве ветряных электростанций учитывается влияние ветрогенераторов на окружающую среду. Современные ветряные электростанции прекращают работу во время сезонного перелёта птиц.

Экологические аспекты ветроэнергетики: выбросы в атмосферу (ветрогенератор мощностью 1 МВт сокращает ежегодные выбросы в атмосферу 1800 тонн CO_2, 9 тонн SO_2, 4 тонны оксидов азота); влияние на климат (ветрогенераторы изымают часть кинетической энергии движущихся воздушных масс, что приводит к снижению скорости их движения); шум (механический шум, аэродинамический шум); низкочастотные вибрации; обледенение лопастей; визуальное воздействие; вред животным и птицам [3].

Солнечная энергетика – направление альтернативной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляемые источники энергии и является «экологически чистой», то есть не производящей вредных отходов во время активной фазы использования. Производство энергии с помощью солнечных электростанций хорошо согласовывается с концепцией распределённого производства энергии.

Достоинства: перспективность, доступность и неисчерпаемость источника энергии в условиях постоянного роста цен на традиционные виды энергоносителей; теоретически полная безопасность для окружающей среды, хотя существует вероятность того, что повсеместное внедрение солнечной энергетики может изменить альбедо (характеристику отражательной (рассеивающей) способности) земной поверхности и привести к изменению

климата (однако при современном уровне потребления энергии это крайне маловероятно).

Недостатки: зависимость от погоды и времени суток; сезонность в средних широтах и несовпадение периодов выработки энергии и потребности в энергии; нерентабельность в высоких широтах; как следствие, необходимость аккумуляции энергии; необходимость периодической очистки отражающей/поглощающей поверхности от загрязнения; нагрев атмосферы над электростанцией; необходимость использования больших площадей; солнечная электростанция не работает ночью и недостаточно эффективно работает в вечерних сумерках, в то время как пик электропотребления приходится именно на вечерние часы; несмотря на экологическую чистоту получаемой энергии, сами фотоэлементы содержат ядовитые вещества, что ставит под вопрос экологическую чистоту производства и утилизации батарей.

Гидроэнергетика – область хозяйственно-экономической деятельности человека, совокупность больших естественных и искусственных подсистем, служащих для преобразования энергии водного потока в электрическую энергию.

Преимущества: использование возобновляемой энергии; очень дешевая электроэнергия; работа не сопровождается вредными выбросами в атмосферу; быстрый (относительно ТЭЦ/ТЭС) выход на режим выдачи рабочей мощности после включения станции; смягчение климата вблизи крупных водохранилищ.

Недостатки: затопление пахотных земель; строительство ведётся там, где есть большие запасы энергии воды; на горных реках опасны из-за высокой сейсмичности районов; сокращенные и нерегулируемые пропуски воды из водохранилищ по 10-15 дней приводят к перестройке уникальных пойменных экосистем по всему руслу рек, как следствие, загрязнение рек, сокращение трофических цепей, снижение численности рыб, элиминация беспозвоночных водных животных, повышение агрессивности компонентов гнуса (мошки) из-за недоедания на личиночных стадиях, исчезновение мест гнездования многих видов перелётных птиц.

Биотопливная энергетика – ее источником служат биологические отходы животного или растительного происхождения, а также продукты жизнедеятельности человека. Биотопливо бывает: твердое – традиционные дрова, топливные гранулы; жидкое – спирты, эфиры, биодизель, мазут, биомазут; газообразное – различные газовые смеси с угарным газом, метаном, водородом. Производство позволяет утилизировать, а перед этим эффективно использовать то, что должно было быть утилизированным. Способность биотоплива служить первичным источником энергии зависит от его энергетической рентабельности, то есть отношения полученной полезной энергии к затраченной [2].

По причине большой концентрации промышленных предприятий и заводов в южной части города Волгограда, где отмечаются повышенные объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, существуют острые экологические проблемы.

Волгоградская ТЭЦ-2 ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго» обеспечивает энергоснабжение ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка» и коммунально-бытового сектора заканальной части Красноармейского района. В составе энергообъекта: 4 турбоагрегата, 4 паровых энергетических котла и 42,3 км тепловых сетей. Установленная электрическая мощность ТЭЦ – 225 МВт, тепловая – 664 Гкал/час.

Волгоградская ТЭЦ-3 – тепловая электроцентраль, входит в состав генерирующих мощностей компании ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго». В настоящее время установленная электрическая мощность электроцентрали равна 296 МВт, а установленная тепловая мощность – 801 Гкал/час. В состав Волгоградской ТЭЦ-3 входят 3 турбоагрегата и 6 паровых котлов. Энергию, вырабатываемую ТЭЦ, потребляют предприятия, входящие в состав группы компаний «НИКОХИМ» («Каустик» и «Пласткард»), а также жители Красноармейского района Волгограда и рабочего поселка Светлый Яр.

Волгоградская ГРЭС. На станции установлено 7 (4) котлоагрегатов общей паропроизводительностью 1140 (770) т/ч: 4 котлоагрегата среднего давления работают на параметрах пара среднего давления 30 ата и 400 °С (3 котлоагрегата ст. № 6, 7, 8 общей паропроизводительностью 370 т/ч выведены из эксплуатации); 3 котлоагрегата высокого давления ТП-230 с параметрами пара 100 ата и 500 °С. Все котлоагрегаты работают на газовом топливе, а котлы № 10, 11 могут использовать в качестве резервного топлива уголь марки АШ, котел № 9 после реконструкции в 2009 году в качестве резервного топлива может использовать мазут.

Использование электроэнергии от ветра экономически выгодно при среднегодовых скоростях ветра более 5 м/с либо при отсутствии или нерегулярной подаче сетевого электричества.

Солнце есть практически везде. Пока есть доступ к солнечному освещению, электроэнергия может быть получена при помощи солнечных батарей.

Воду можно использовать для преобразования механической энергии в электрическую, гидроэнергетика выгодна для экономики, в техническом плане не представляет проблем.

На практике энергетический анализ и связанный с ним анализ экономических факторов получения и переработки биомассы агропромышленным методом оказываются достаточно сложными. Однако использование для получения тепла и электроэнергии дешевых отходов биомассы может иметь решающее значение при оценке эффективности того или иного процесса.

Альтернативная энергетика – это своего рода спасательный круг для человечества в будущем. От того, насколько мы освоим возобновляемые источники энергии, напрямую зависит дальнейшее развитие нашей цивилизации. Вот почему все высокоразвитые страны стремятся поддерживать исследования в этой области, воплощать проекты, основанные на использовании солнечной, ветряной или другой возобновляемой энергии, чтобы частично или полностью

отказаться от традиционных источников энергии, обрести долгожданную независимость от невозобновляемых ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимова, Т. А. Экология. Природа – Человек – Техника : Учебник для вузов / Т. А. Акимова, А. П. Кузьмин, В. В. Хаскин. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 343 с.
2. Амбросьев, В. К. Безопасность жизнедеятельности : Учебник для вузов / В. К. Амбросьев. – М. : Юнити, 2006. – 357 с.
3. Солодов, Г. А. Экология. Нормирование, управление, контроль качества окружающей природной среды : учеб. пособие / Г. А. Солодов, Г. В. Ушаков. – Кемерово : КузГТУ, 1999. – 137 с.

УДК 366.636

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ВОЙНЫ

Н. Д. Ермишина – канд. ист. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Россия, г. Москва

High level of technical development in conditions of globalization provided an opportunity for the information warfare. Today's world characterized by information warfare of the second generation. It aims to target the shaping of public opinion. Currently, the information wars are fought in wartime and in peaceful conditions.

Информационная война представляет собой согласованную деятельность по использованию информации как оружия для ведения действий в различных сферах: экономической, политической, социальной, военной. Понятие «информационная война» стало применяться для характеристики политических коммуникаций лишь с середины 80-х годов прошлого столетия, хотя принципы ведения такого рода информационных кампаний были известны давно.

Для обозначения агрессивности сторон часто используется понятие «информационное оружие», которое понимается как повреждение либо модификация информационных ресурсов. «Информационное оружие» воздействует на общественное мнение, наносит ущерб противоположной стороне дипломатическими мерами. Информационные войны имеют определённую тактику. Она включает дезинформацию, психологические и подрывные акции в области культуры и политики, техническое содействие и информационную поддержку диссидентских и оппозиционных движений, проникновение в компьютерные сети и базы данных противника.

Информационная война стала возможной при высоком уровне технического развития и в условиях глобализации мира. Она основана на возможности управления и манипулирования общественным сознанием с помощью средств массовой информации. Наличие определённого уровня развития технических

средств даёт возможность подразделять информационные войны на первое и второе поколения.

В XX веке информационное противоборство применялось в условиях военного времени. Оно представляло собой первое поколение. Это было: ведение радиоэлектронной борьбы; получение разведывательной информации путем перехвата и расшифровки информационных потоков, передаваемых по каналам связи, а также по побочным излучениям; лишение противника средств передачи сообщений; осуществление несанкционированного доступа к информационным ресурсам с последующим их искажением или хищением; формирование и массовое распространение по информационным каналам противника или глобальным сетям дезинформации для воздействия на оценки, намерения лиц, принимающих решения; получение интересующей информации путем перехвата открытых источников информации. Это были информационные войны первого поколения.

Информационное противоборство второго поколения характерно для современных информационных войн. Они используют более сложные технические средства. Для них характерны: дестабилизация политических отношений между партиями, объединениями и движениями; разжигание подозрительности между политическими группировками; создание атмосферы безнравственности; манипулирование политической ориентацией социальных групп; провоцирование репрессий против оппозиции; дезинформация населения о работе государственных органов; дискредитация органов управления и затруднение принятия ими важных решений; провоцирование социальных, политических, национальных и религиозных столкновений; инициирование массовых беспорядков; подрыв международного авторитета государства.

Таким образом, современные информационные войны, которые полномасштабно начались с 90-х годов XX столетия, направлены на целевую обработку общественного мнения. Они способны нанести ущерб жизненно важным интересам государства в политической, экономической, оборонной и других сферах не менее ощутимый, чем во время боевых действий.

Информационные войны второго поколения применяют все средства массовой информации: газеты, журналы, радио, телевидение, интернет. СМИ стали главными «разогревателями» общественного мнения. Они могут спровоцировать массовый протест, политический скандал, кризис в отношениях власти и общества. Но также СМИ могут и предотвратить развитие конфликта. Поэтому в современном обществе огромное значение имеет тот факт, в чьих руках находятся средства массовой информации. Особенно важны в современных условиях телевизионные каналы и интернет.

Телевидение стало наиболее мощным инструментом обработки общественного мнения. Этому есть своё объяснение: в интернете надо целенаправленно искать определённые сайты, радио далеко не все слушают, газеты рассчитаны на определённую социальную или профессиональную группу. Телевидение – наиболее востребованное средство информации, у многих людей телевизор работает всё время, служит определённым фоном их пребывания дома.

Многие имеют привычку часто переключать каналы. Таким образом, информация, так или иначе, фиксируется в их памяти. Именно СМИ, и особенно телевидение, завоевав должный общественный авторитет, не только наладили связи с населением, но и приучили рядового гражданина чувствовать себя участником общесоциальных процессов, осознавать свою принадлежность к государству и миру политики. Благодаря определенной открытости, оперативности в формулировании оценок и позиций, широким возможностям отражать интересы и чаяния самых разнообразных групп и слоев населения СМИ могут не только существенно влиять на политическую игру, но даже создавать и модифицировать ее правила. Таким образом, СМИ стали для населения привычным институтом политической социализации. Более того, обязательной составляющей представительной системы демократического правления считается наличие независимых СМИ.

Информационная война означает использование информации как основного средства осуществления действий в целях нанесения ущерба противнику. Применение информационных войн политическими акторами связано с нарастанием рисков, чреватыми быстрым изменением статусов и позиций в отношениях власти. Это усиливает политическую конфронтацию, подрывает стабильность в обществе. Информационные войны символизируют такой тип мышления, который предполагает враждебные по отношению к противнику действия на основе собственной переоценки ценностей.

Информационное противоборство является самостоятельным принципиально новым видом стратегического противоборства. Информационное противоборство способно создавать, а также разрешать конфликты без применения вооруженной силы. В некоторых странах принципы ведения информационных войн не только концептуализированы, но и институализированы. Например, в США создана специальная структура под названием International Public Information Group. Она представляет собой профессиональную организацию, которая использует разведывательную информацию в целях оказания влияния «на эмоции, мотивы, поведение иностранных правительств, организаций и отдельных граждан». Также в США действует официально принятая «Информационная доктрина». В ней излагаются требования к информационному обеспечению военных действий, принят армейский Устав ведения информационных войн. С 1998 года в США введена новая «Доктрина проведения информационных операций», которая определяет порядок осуществления такого рода акций. Существует целая инфраструктура соответствующей подготовки специалистов. Подобные мероприятия проводятся и во многих европейских странах.

Непременным условием успешности любых акций информационных войн является принцип институализации. Причем каждый политический актор использует для этого доступные для него институты, с помощью которых он ведёт информационные войны. К таким институтам можно отнести:

– государственные агентства национальной безопасности;

– информационные агентства, контролируемые государством и используемые им для продвижения своих информационных целей;

– источники постоянного информирования на определенной территории;

– отдельные СМИ, находящиеся под контролем правительства;

– агенты влияния;

– научные и практические конференции, используемые как механизм выражения мнений экспертного сообщества;

– отдельные международные организации, находящиеся под контролем конкретного национального государства или объединения государств.

При взаимодействии этих институтов при условии слаженной и скоординированной работы обеспечивается высокая эффективность достижения политических целей.

В условиях глобального мирового пространства информационные войны стали неизбежны, так как мировое общественное мнение становится очень важным для правительств и населения заинтересованных сторон. В различных государствах разработана целая система ведения самых разнообразных информационных войн. Сейчас перед началом какой-либо политической или экономической операции СМИ тщательно обрабатывают общественное мнение. К информационным войнам серьёзно готовятся, заранее обеспечивая своим действиям информационную поддержку в мировых или региональных СМИ. Информационные войны ведутся и в боевых, и в мирных условиях.

В боевых условиях информационная война может трактоваться как форма обеспечения или ведения военной компании. Военно-силовые действия предваряются проведением информационного прессинга как на территории военных действий, так и в мировом масштабе. Ведение информационной войны в боевых условиях тесно связано с концепцией развертывания «медиасил специального назначения». Эти силы вооружены медийным оружием – цифровыми камерами, спутниковыми передатчиками и другими аналогичными средствами, которые используются для решения сугубо военных задач. В то же время информационное оружие может быть направлено и на свою армию, и на своё население, когда нужно поднять моральный дух своего войска.

В мирное время выигрыш в информационной войне особенно важен во время избирательных компаний. Технологии манипуляции сознанием отработаны и очень эффективны. СМИ могут за несколько месяцев создать выигрышный образ будущего лидера. Прежде всего, создаётся территориальный анклав, где местные власти и влиятельные слои населения обеспечивают своему кандидату безусловную поддержку. Здесь власть легитимного президента или избираемого кандидата от властных структур заранее не признаётся. СМИ с этих территорий объявляют о фальсификации выборов в пользу кандидатов от власти, призывают не признавать результаты выборов, угрожают массовыми беспорядками, апеллируют к мнению мирового сообщества. Как правило, силы, ведущие информационную войну, заранее планируют свои действия на разные случаи развития событий.

Информационные войны играют первостепенную роль в подготовке так называемых «цветных революций». Чаще всего их проведение связано либо

с выборами, либо с отменой их результатов, либо с требованиями досрочного проведения выборов. При тщательной подготовке «цветных революций» широко используются технологии сетевого маркетинга, организуются движения без лидера, создаётся рекламный менеджмент недавно возникших партий, обрабатывается общественное мнение.

Внешние силы, которые поддерживают «цветные революции» в какой-либо стране, активно используют информационные войны. Иностранные государства не только финансируют организаторов революции, но открыто и публично поддерживают так называемых «революционеров» с помощью СМИ. Такая поддержка носит название «мягкая сила». Внешние политические силы четко следят за тем, чтобы в случае победы «революционеров» геополитическая и геоэкономическая ориентация произошла в пользу тех, кто финансировал и легитимировал «цветную революцию».

Важным аспектом современных информационных войн стало следующее положение: информация перестала быть дополнительным инструментарием, она приобрела самостоятельную силу. В связи с этим информационные войны становятся всё более значимыми. С усилением глобализации в современном мире победа того или иного центра силы в политической борьбе, и даже в вооружённом конфликте, всё более зависит от победы в информационной войне.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ашенкампф, Н. Н., Погорельская, С. В. Современная геополитика : Учебное пособие / Н. Н. Ашенкампф, С. В. Погорельская. – М. : Академический Проект, 2010. – 208 с.

2. Яницкий, О. Н. Ресурсные войны XXI века / О. Н. Яницкий // Социс, 2009. – № 6. – С. 139-144.

3. Савин, Л. Центры власти и мировой порядок XXI века. Информационно-аналитический портал «Геополитика» http://geopolitica.ru/ (дата просмотра 4.11.2016).

УДК 94(47).083

ПОЕЗДКА С. Ю. ВИТТЕ НА ДАЛЬНИЙ ВОСТОК В 1902 г. И ЕЁ РЕЗУЛЬТАТЫ

Л. И. Краснова – канд. ист. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Россия, г. Москва

Annotation: Article is devoted to a trip of the Minister of Finance S. Yu. Witte to the Far East in 1902. The purpose of visit consisted in personal control of the course of construction of the Trans-Siberian Railway and its site – KVZhD. Results of visit of Witte of a number of the cities on the way of its following, a meeting with their inhabitants and the solution of the current problems reveal.

В сентябре – октябре 1902 года министр финансов С. Ю. Витте совершил инспекционную поездку на Дальний Восток. Цель его поездки заключалась в том, чтобы лично ознакомиться с положением дел на Восточно-Китайской и Южно-Маньчжурской железных дорогах. Следуя по Сибирскому пути, Витте посетил ряд городов: Томск, Иркутск, Читу, Харбин, Владивосток, Дальний, Порт-Артур и некоторые другие, знакомясь с их хозяйственным положением и выявляя проблемы, которые еще следовало решить до окончательного завершения строительства.

В своем всеподданнейшем докладе на имя императора Николая II Витте писал, что Сибирская магистраль имеет поистине мировое значение: соединив транзитным путем Россию и Восток – Китай, Японию, Корею, – она «способствует более тесным торговым отношениям Европы как рынка высокой промышленной культуры с сырьем востока» [1]. По распоряжению Министерства финансов в Китай была направлена экспедиция под руководством известного ученого, исследователя Г. Е. Грум-Гржимайло. Её целью являлось исследование на месте условий для развития коммерческих связей между Россией и Центральным Китаем, Монголией, Китайским Туркестаном и Джунгарией [2].

В Китай из России ввозились хлопчатобумажные ткани, кожа и шкуры, изделия из железа, сахар. Китай поставлял России чай, шелк и шелковые изделия, невыделанные кожи и шкуры, шерсть и шерстяные изделия. С окончанием строительства Китайско-восточной железной дороги (КВЖД) размеры экспорта увеличились. Теперь на восток в большом количестве отправлялась водка и спиртные напитки. Эта продукция пользовалась в Японии и Китае большим спросом. Японцы даже прибегали к подделкам, используя этикетки московской фирмы Смирнова. Кроме водки на восток отправляли большие партии пива из Риги [Амурская газета. № 84. 1903].

Высоко ценя хозяйственное и военно-политическое значение Транссибирской магистрали, С. Ю. Витте отмечал и недостатки этого пути. В частности, в 1902 г. был еще не достроен участок дороги вокруг озера Байкал. И потому приходилось при движении грузо- и пассажиропотока использовать паромную переправу. Главное неудобство этой переправы заключалось в том, что она не могла работать круглый год, и в течение трех зимних месяцев, когда Байкал замерзал, перевозки совершались гужевым способом. Грузы подолгу простаивали, портились, среди пассажиров начинались болезни. В 1903 г. планировалось открытие регулярного движения по КВЖД, и недостаточная провозоспособность переправы еще более осложняла бы ситуацию. Поэтому в своем докладе императору как председателю Комитета Сибирской железной дороги (КСЖД) Витте ходатайствовал о принятии самых энергичных мер по строительству Кругобайкальской железной дороги для ее скорейшего завершения, которое планировалось в 1904 г. Причем речь не шла о дополнительных ассигнованиях, поскольку расценочные ведомости по строительству Транссиба были составлены со значительными запасами. Необходимо было направить на данный участок больше рабочей силы и специалистов-инженеров, создав для них приемлемые условия работы и проживания.

Комитет Сибирской железной дороги (КСЖД) был создан 10 декабря 1892 г. для общего руководства её строительством. Председателем комитета стал наследник престола великий князь Николай Александрович, будущий император России. В реальности этот комитет стал высшим государственным органом по осуществлению правительственной политики в отношении Сибири. КСЖД занимался решением целого комплекса социально-экономических проблем. Среди них: организация крестьянских переселений, развитие сухопутного, морского и речного транспорта, строительство Китайско-Восточной железной дороги и др. Организованные комитетом геологические и геодезические экспедиции, топографическая съемка местности дали неоценимый материал для уточнения геологических условий строительства Сибирской железной дороги, которые были крайне сложны для того времени. Геологоразведка установила месторождения полезных ископаемых: угля, золота. На Забайкальской дороге ею руководил будущий академик В. А. Обручев, его коллекция минералов затем была передана в Читинский музей. Были разработаны угольные массивы в Приморской области: Сучанский, Угловский, Зыбунный (г. Артём). Также были обнаружены залежи каменного угля на о-ве Сахалин и близ г. Черемхова. Сибирская железная дорога стала главным потребителем черемховского угля. По инициативе КСЖД для формирования единой транспортной сети были описаны многие реки, озеро Байкал и морской путь к устьям Оби и Енисея.

Особое внимание в отчете Витте уделил вопросам строительства и состояния КВЖД. Им был осмотрен буквально каждый участок этой дороги, проверено как ведутся насыпные работы, укладка рельсов, состояние временных мостов, обходные пути в восточной части линии, мастерские по ремонту паровозов и вагонов и многое другое. Витте высоко оценил работу талантливого инженера путей сообщения С. И. Кербедза, называя его, по сути, «главным деятелем по сооружению этой дороги» [3]. Станислав Ипполитович Кербедз возглавлял проектирование Китайско-Восточной железной дороги (1250 километров), вложив в это дело свой огромный труд и талант. Он подробно проработал ее самый сложный участок – Хинганский тоннель, длина которого составляет 3080 метров, а также мосты через Сунгари и другие реки. Обязательным условием разработанного им плана строительства, одобренного Витте, было то, что на всем протяжении дороги открывались школы, больницы, магазины, библиотеки, железнодорожные училища. Служащие и рабочие КВЖД имели шестичасовой рабочий день, оплачиваемый отпуск, обеспечивались бесплатным жильем и лечением. Для духовно-нравственных целей возводились и открывались храмы и школы – уже к 1900 г. по Транссибу было построено 65 церквей и 64 школы, строилось еще 95 церквей и 29 школ – на средства специально созданного Фонда императора Александра III в помощь новоселам-переселенцам.

Самым подробным образом был осмотрен строившийся Харбин. Было отмечено, что в городе уже построено 300 каменных домов общей площадью до 10 тыс. кв. сажен. Кроме того, возводятся разного рода служебные здания, площадь которых составляет 15 тыс. кв. сажен, таких как управление дороги,

почтово-телеграфная контора, общественное собрание, больницы, гостиница, детские школы и многое другое. В 1900 г. здесь была построена церковь в древне-вологодском стиле на 500 чел. Также в будущем намечалось строительство мужских и женских коммерческих училищ. Витте выражал твердую уверенность, что в дальнейшем Харбин, благодаря своему исключительно выгодному положению, станет крупным торгово-промышленным центром [4].

Остановка С. Ю. Витте в некоторых дальневосточных городах широко освещалась в местной прессе. Так, пребывая в Томске в сентябре 1902 г., Витте посетил коммерческое училище – 16 сентября оно праздновало годовщину своего открытия. Председатель попечительского совета училища А. Е. Кухтерин просил министра о содействии в получении 100 тыс. рублей в виде беспроцентной ссуды сроком на 25 лет на постройку нового здания. Витте обещал такую помощь оказать.

В Томском университете, общаясь со студентами, Витте поинтересовался, ездят ли они на каникулы в Европейскую часть России. На что был получен ответ, что железнодорожные билеты очень дорогие, и поэтому позволить себе такие поездки могут немногие. Витте рекомендовал студентам обратиться с прошением о предоставлении им льготных проездных билетов в Петербург, подчеркнув при этом, что со своей стороны он сделает всё возможное для положительного решения вопроса [5].

За семь часов пребывания в Томске Витте успел посетить также здание винной монополии, собор и другие места. Посетив рисовальные классы Технологического института, он поинтересовался у студентов условиями их жизни, ценами в столовых, обещал ассигновать особые суммы на дополнительное освещение в классах. Также министр финансов дал обещание зачислить несколько десятков студентов в качестве практикантов на Китайско-Восточную железную дорогу [6].

В Иркутске Витте встретился с начальником управления по строительству Забайкальской железной дороги г-ном Пушечниковым, инженером г-ном Мелентьевым и другими лицами, обсудив интересовавшие его вопросы по строительству Кругобайкальского участка. Он осмотрел также Казанский кафедральный собор, посетил губернское таможенное казначейство, отделение Госбанка. Несмотря на кратковременное пребывание в городе, министр ознакомился с экспозициями музея Восточносибирского отделения Иркутского географического общества и занес свое имя в книгу почетных посетителей [7].

Недолгой была остановка в Чите, где он успел осмотреть учреждения Министерства финансов.

Посетил Витте и Нерчинскую каторгу. Под впечатлением увиденного им была написана статья «Современное состояние каторги», опубликованная в журнале Министерства юстиции. В частности, он говорил об ужасающих условиях жизни каторжан, об их нищете, отсутствии заработка. Жены каторжан, чтобы кормить детей, вынуждены были или нелегально продавать водку, или торговать собой [8].

26 сентября Витте прибыл во Владивосток, где его встречала делегация во главе с военным губернатором Приморской области Н. М. Чичаговым.

Наиболее оживленной в этом городе была встреча в Восточном институте, основанном в октябре 1899 г. при непосредственном содействии Витте. Здесь он произнес краткую речь, в которой напомнил о том, что буквально несколько лет назад, при открытии этого института, в России очень плохо представляли возможности сотрудничества с восточными странами. Необходимость детального изучения Востока и стала главной причиной создания такого учебного заведения. Несмотря на то, что данный вуз еще очень молод, он уже успел принести огромную пользу Отечеству, подчеркнул Сергей Юльевич [9].

Посетив учреждения Министерства финансов, Витте покритиковал местных архитекторов за то, что эти заведения скорее напоминают казарму. Он выразил желание, чтобы новое отделение Госбанка на Светлановской улице стало одним из выдающихся зданий во Владивостоке, причем указал на эскизы последних построек в Париже и других европейских столицах и предложил объявить конкурс на проект нового здания [10].

Из Владивостока С. Ю. Витте отбыл в г. Дальний и Порт-Артур в сопровождении Приамурского генерал-губернатора Н. И. Гродекова, а затем в Харбин. 12 октября 1902 г. С. Ю. Витте отправился в Петербург.

Говоря о значении этой поездки, следует отметить, что она была обусловлена не только инспектированием хода строительства Великого Сибирского пути, его путевого и ремонтного хозяйства. С. Ю. Витте интересовало, прежде всего, как данная дорога меняет сонное лицо российского Дальнего Востока, как она сказывается на экономическом и культурном облике края, его заселении, оживлении промышленного роста и, конечно, как всё это сказывается на настроениях восточных соседей и торговых партнеров России – Китая и Японии.

История развития и хозяйственного освоения российского Дальнего Востока представляет для настоящего времени не только мемориальный интерес. Мы стремимся к возрождению прошлого, которое бы обновило и обогатило наше нынешнее движение вперёд. Очень живо проблемы, заботившие когда-то С. Ю. Витте, перекликаются с современным днем и той политикой в отношении дальневосточного региона, которую обозначил нынешний Президент России В. В. Путин. Выступая в сентябре 2016 г. на встрече стран АТР на Восточном экономическом форуме во Владивостоке, Путин представил беспрецедентную по масштабу и значению программу по активизации развития Дальнего Востока. Приоритетными направлениями в её реализации, как и в начале XX в., являются демографические и социальные программы, жилищная политика. Как было сказано, для решения этих программ необходимо выйти на устойчивый прирост численности населения на Дальнем Востоке, а для этого нужно создать среду, позволяющую обеспечить устойчивый рост данного региона, особенно за счёт укрепления взаимодействия в сферах продовольствия, строительства жилищных комплексов, здравоохранения и медицинских услуг [11].

Нынешний день наглядно показывает правоту российского реформатора С. Ю. Витте, который хотел привлечь внимание правительства к проблемам развития Дальнего Востока. Он видел перспективы и мощь данного региона, то, что дальневосточный край России – это не только край каторжан и ссыльнопоселенцев, «богом забытый медвежий угол». Новый Дальний Восток, о котором мечтал Витте, – это место, где встретятся европейская и азиатская цивилизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Извлечение из всеподданнейшего доклада Министра финансов о поездке на Дальний Восток // Вестник финансов, промышленности и торговли. – 1903. – № 8. – С. 309.
2. Амурская газета. – 1903. – № 107.
3. Вестник финансов, промышленности и торговли. – 1903. – № 8. – С. 313.
4. Там же. – С. 317.
5. Амурская газета. – 1902. – № 111.
6. Амурская газета. – 1902. – №115.
7. Амурская газета. – 1902. – № 111.
8. Амурская газета. – 1903. – № 95.
9. Амурская газета. – 1902. – № 111.
10. Амурская газета. – 1902. – № 114.
11. Выступление В. В. Путина на пленарном заседании Восточного экономического форума 3 сентября 2016 г. // http://kremlin.ru/

УДК 811.1

ФОРМИРОВАНИЕ СЛОВАРЯ-МИНИМУМА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ БАКАЛАВРОВ-ЭНЕРГЕТИКОВ

Е. В. Якимович – д-р филол. наук, профессор
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Формирование уровня коммуникативной компетенции, необходимого и достаточного для ведения профессиональной деятельности, признается одной из основных задач при обучении иностранному языку в техническом вузе. В процессе реализации данной задачи базой могут выступить лексические единицы, знание которых будет способствовать достижению взаимопонимания при профессиональном общении специалистов, представляющих разные культурно-языковые сообщества. В этой связи актуальность приобретает выработка критериев отбора терминов для их включения в словарь-минимум активной профессиональной лексики. Опыт работы по подготовке специалистов энергетической сферы в филиале «НИУ «МЭИ» в г. Волжском позволяет рассматривать в качестве основополагающих принципов следующие положения, определяющие количественный и качественный состав словаря-минимума терминов энергетики, рекомендуемых для изучения.

Во-первых, необходимо принимать во внимание частотность употребления лексических единиц. Частотные списки и словари демонстрируют, что в реальном общении лишь незначительная доля слов, составляющая не более 10 %, встречается часто, но эти слова обеспечивают до 80-90 % понимания. При этом в бытовых, общественно-политических и специальных текстах подобное соотношение может быть различным и меняться в сторону увеличения значимости частотных единиц. Кроме того, набор слов будет зависеть от формы общения – устная речь или письменный текст, а также от его конкретной функционально-стилевой принадлежности. Необходимо отметить, что при формировании списка наиболее частотных терминов следует опираться не только на указания, которые предлагаются частотными словарями, где слова расположены в зависимости от частоты встречаемости в разговорной речи на повседневную бытовую тематику, но и учитывать активность использования лексемы в профессиональных текстах. Например, лексема heat со значением «теплота» в разговорном английском языке не включается даже в первую тысячу самых распространенных слов [1], но она выступает ключевым термином теплоэнергетики и может быть отнесена к самым употребительным профессиональным терминам энергетической отрасли.

Во-вторых, значимым фактором выступает словообразовательный потенциал лексемы. Согласно данному положению, наибольшую важность для расширения активного словаря приобретают слова, которые способны к формированию обширного словообразовательного ряда, содержащего однокоренные единицы, относящиеся к различным частям речи. Так, в английском языке многочисленными словообразовательными связями обладает глагол to produce со значением «производить, вырабатывать», а именно: production – производство, изготовление, продукция, выработка, производительность, добыча; producer – производитель; product – продукт, изделие, результат; productive – продуктивный, производительный, производящий; producible – производимый.

В-третьих, широкая сочетаемость слова способствует его быстрому усвоению и создает необходимые условия для включения в состав активного вокабуляра. Так, английская лексема heat в специальных текстах функционирует в таких сочетаниях, как: heat energy – тепловая энергия, heat power plant – теплоэлектростанция, heat exchanger – теплообменник, heat of combustion – теплота сгорания, heat converter – абонентский теплообменник, heat capacity – теплоемкость, heat carrier – теплоноситель, boiling heat – удельная теплота испарения, final heat treatment – окончательная термообработка.

Четвертым критерием может быть признан критерий семантической значимости, который определяет принадлежность слова к номинантам важнейших категорий, участвующим в процессах классификации и спецификации понятийных областей той или иной профессиональной сферы. В частности, при описании разных видов альтернативной энергетики невозможно обойтись без слов, дифференцирующих источники энергии: solar – солнечный, wind – ветровой, nuclear – ядерный, geothermal – геотермальный, tidal – приливной, wave – волновой, off-shore – прибрежный, on-shore – береговой. В ряде случаев возникает

необходимость усвоения синонимических средств языка, так как частотность обращения к одной и той же понятийной категории требует владения дополнительными средствами номинации. Например, для обозначения новых видов и источников энергии используются лексемы: renewable – возобновляемый, non-traditional – нетрадиционный, alternative – альтернативный, inexhaustible – неисчерпаемый, regenerative – регенеративный, regeneratory – регенеративный, recuperative – рекуперативный. Критерий семантической значимости непосредственно согласуется с такими позициями когнитивного подхода к процессу отбора терминологических единиц узкоспециального характера, как соответствие терминологического материала профессиональной концептосфере, соответствие сферам общения и понятийно-тематической маркированности терминов [2].

В заключение необходимо отметить, что в состав словаря-минимума, прежде всего, должны включаться знаменательные части речи, обладающие максимальным информационным потенциалом, однако нельзя забывать и о словообразовательных единицах, которые составляют важную часть терминологической компетенции и расширяют пассивный вокабуляр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Английский частотный словарь. 10.000 words (most used) // http://mir2050.narod.ru/freqdict.html

2. Позднякова, С. Ю. Когнитивный подход к отбору и организации учебного словаря-минимума узкоспециальных военно-авиационных терминов: Автореф. дис… канд. пед. наук / С. Ю. Поздняков. – Иркутск, 2005.

УДК 811.112.2

ЛИНГВОКУЛЬТУРНАЯ КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ ПОНЯТИЯ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОВОРОТ» В НЕМЕЦКОМ ЯЗЫКЕ

Д. А. Калинова, В. А. Железняков – студенты
Е. В. Якимович – д-р филол. наук, профессор
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Интерпретация и перевод многих вновь возникающих терминов становятся возможными только в широком социокультурном контексте. Это относится и к сфере энергетики, где ярким примером может служить слово die Energiewende. Как показало знакомство с текстами по проблемам развития энергетической отрасли в России и за рубежом, к нему обращаются достаточно часто, однако, непоследовательно и неоднозначно. В частности, немецкий термин die Energiewende может быть использован без перевода, сопровождаться словами «так называемый» или переводиться при помощи разных словосочетаний: энергетический поворот, энергетический переворот, энергетическая реформа или

революция в энергетике. Это указывает на отсутствие русскоязычных аналогов и наличие целого комплекса смыслов, соотносимых с немецким словом, а также определяет актуальность выбранной темы изучения. Основная практическая цель данной научно-исследовательской работы состояла в том, чтобы на основе выявленных понятийных смыслов, стоящих за лексемой die Energiewende, установить набор языковых средств по данной теме для дальнейшего формирования словаря-минимума профессиональных терминов.

Термин die Energiewende вошел в употребление более 30 лет назад. Он был впервые использован при наименовании книги, опубликованной в 1980 году немецким экологическим институтом во Фрайбурге (das Institut der angewandten Ökologie или das Öko-Institut, Freiburg). Полное название публикации звучало как «Energiewende. Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran», что, как правило, переводилось как «Энергетический поворот. Рост и благосостояние без нефти и урана». В данной работе доказывалась возможность экономического роста и устойчивого энергоснабжения без использования атомной энергии – за счёт потенциала возобновляемой энергетики и повышения энергоэффективности. Ключевые тезисы выглядели так: Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch, Reduzierung des fossilen Energieverbrauchs, Abkehr von Atom aus Sicherheitsgründen [1] – Разрыв зависимости между экономическим ростом и энергопотреблением, сокращение потребления ископаемых видов энергии, отказ от ядерной энергии по причинам безопасности (здесь и далее предлагается перевод авторов статьи).

Идея энергетического поворота, представленная более трех десятков лет назад, находит сегодня выражение в постановке конкретных целей: Bis spätestens 2050 sollen mindestens 80 Prozent der Stromversorgung und 60 Prozent der gesamten Energieversorgung aus Erneuerbaren Energien stammen. Als nächster Schritt werden bis zum Jahr 2022 alle Atomkraftwerke abgeschaltet [2]. Таким образом, к 2050 году 80 % всего потребляемого в Германии электричества и 60 % всей потребляемой энергии должны производиться возобновляемыми источниками. Наряду с этим, с 2022 года в Германии перестанут работать все атомные электростанции. Планомерная идеологическая проработка задач в рамках социокультурного сообщества вызвала процесс языковой концептуализации и привела к формированию комплекса доминантных и периферийных языковых средств, используемых представителями лингвокультуры.

Доминантой лексико-семантического поля следует признать лексему die Energiewende, которая представляет собой сложное существительное, образованное от корневых морфем die Energie со значением «энергия» и die Wende со значением «поворот, перемена, разворот, оборот, рубеж, порог». При этом первый компонент является интернационализмом по своей этимологии и выполняет функцию определения, указывая на взаимосвязь со сферой энергетики, на отношение к понятию энергии, на представления о ее сущностных свойствах и разновидностях, на положительные и отрицательные ассоциации и образы, возникающие в сознании носителя языка при восприятии данного слова. Второй

словообразовательный компонент играет роль основного слова и образован от немецкого глагола wenden, для которого переводными словарями предлагается достаточно большое количество эквивалентов, в частности: переворачивать, перевернуть, поворачивать, повернуть, разворачивать, развернуть, обратить, обращать, перелицевать, перелицовывать, меняться, перемениться. В тех случаях, когда данный компонент выступает частью других сложных слов, он передается такими лексемами русского языка, как: переломный, поворотный, поворачивающийся, реверсивный, кульминационный, кризисный. Таким образом, анализ семантических составляющих доминантной лексемы показывает, что языковая единица die Energiewende фиксирует изменение всего комплекса смыслов, соотносимых с понятием «энергия», а также образно-оценочных представлений и поведенческих норм, имеющих место в культурно-языковом сообществе.

Представленная выше трактовка согласуется с описанием значения слова die Energiewende в толковом словаре немецкого зыка: Ersatz der Nutzung von fossilen und atomaren Energiequellen durch eine ökologische, nachhaltige Energieversorgung [3]. Она также соответствует контекстам, построенным на базе объясняющей коммуникативной стратегии, где происходит сравнение и приравнивание смысловых компонентов: Die Energiewende gilt als Paradigmenwechsel ... – Энергетический поворот рассматривается как смена парадигмы …; Als Energiewende bezeichnen wir den Umbau der deutschen Energieversorgung ... – Энергетическим поворотом мы обозначаем перестройку немецкого энергообеспечения …; Die Energiewende ist ein Mehr-Generationenprojekt ... – Энергетический поворот – это проект многих поколений …; Die Art und Weise wie wir Energie erzeugen und nutzen. – Тот способ и образ, каким мы производим и используем энергию; Die Energiewende bedeutet die Umgestaltung unserer Energieversorgung – Энергетический поворот означает преобразование нашего энергообеспечения.

Наиболее частотными именами существительными, содержащими компонент Energie и используемыми при репрезентации концепта «энергетический поворот», являются: der Energiebedarf – потребность в энергии, die Energieversorgung – энергообеспечение, die Energiewirtschaft – энергетика, энергетическая отрасль, der Energieträger – энергоноситель, die Energiepreisen – цены на энергию, die Energieforschung – исследования в сфере энергетики. Отличительной чертой определений, сопровождающих ключевые лексемы, выступает использование качественных характеристик в превосходной степени: Ziel ist es, Deutschland in eine der energieeffizientesten, innovativsten und umweltfreundlichsten Volkswirtschaften der Welt zu wandeln. Die günstigsten Erneuerbaren Energien sind Windkraft und Solarstrom. Die sauberste und günstigste Energie ist die, die wir gar nicht erst verbrauchen. Windkraft und Photovoltaik; sie sind absehbar die kostengünstigsten Technologien und haben das größte Potenzial.

Анализ сочетаемости доминантной лексемы и ее синонимов показывает высокую активность лексемы neu, к которой обращаются при описании возобновляемых источников энергии (neue Energie, Stromerzeugung aus erneuerbaren

Energien), при общей характеристике идеи энергетического поворота (neues Energiekonzept, der neue Grundsatz der deutschen Energiepolitik, das neue Schlagwort für den Atomstieg), инновационных технологий и результатов их применения (klimaneutrale Neubauten, die Planung und Genehmigung neuer Stromnetze, Neubauprojekte, neue Hochleistungsnetze). Самые распространенные конкретизаторы доминантной лексемы относятся к следующим смысловым сферам: 1) комплексность и широта охвата (eine komplette Umstellung, ein umfassender Bereich, für eine vollständige Umstellung, einen grundlegenden Umbau brauchen); 2) последовательность (nachhaltige Energieerzeugung, konsequentes Monitoring); 3) планомерность (eine ganze Reihe von Gesetzen und Verordnungen); 4) ориентированность на будущее (langfristige Investition, langfristig planen, die langfristigen Ziele und Aufgaben, auf Langfrist-Szenarien basieren, zunehmend in Zukunft, das Zeitalter der regenerativen Energien, energiesichere Zukunft).

В роли синонимов доминантной лексемы, при помощи которых поясняется термин die Energiewende, выступают: die Idee, das Projekt, der Plan, das Konzept, die Politik, das System. Данные общие наименования конкретизируются существительными с семантикой изменения состояния или направления движения: der Übergang, der Umbau, die Substitution, der Strukturwandel, der Klimawandel, die Umsetzung, die Umstellung, die Änderung. При этом первоначальная ситуация, которую требуется изменить, характеризуется таким образом: die nicht-nachhaltige Nutzung der fossilen und Kernbrennstoffen, die Grundstoffindustrie, Treibgasemissionen, CO_2-Emissionen. Конечные задачи, которые достигаются в процессе воздействия, описываются как: die nachhaltige Energieversorgung, Energieproduktivität, Beschleunigung der Netzausbau, eine umweltschonende Energieversorgung, eine intelligente Verknüpfung der Bereiche Strom, Wärme und Verkehr, klimaneutraler Gebäudebestand, die Minderung von Treibhausgas-Emissionen. В контекстах представлены промежуточные помехи и препятствия, при описании которых используются глаголы bremsen, behindern, beschränken, gefährden, entgegenstehen. Имеющиеся сложности могут получить такие наименования: der Weiterbetrieb der Atomkraftwerke, Stromlücke, Stromausfällen, die größere Stromnachfrage.

Во многих случаях начальное и конечное состояния показаны в одном предложении, например: von fossilen Energieträgern und Atomkraft hin zu erneuerbaren Energien; Weg von der Atomenergie, hin zur Ökoenergie; weg von Öl, Kohle, Gas und Atomkraft hin zu Erneuerbaren Energien. Raus aus der Kohle! Rein in die Erneuerbaren! Противопоставления также затрагивают следующие смысловые сферы: новые и ископаемые источники энергии (neue und fossile Energien), экономичность постройки новых сетей и аккумулирования энергии (Netze sind billiger als Speicher), спрос на электроэнергию и ее производство (Stromnachfrage und Stromerzeugung). Средства достижения целей, намеченных в рамках энергетического поворота, представлены словосочетаниями: der Ausbau der erneuerbaren Energien, die Steigerung der Energieeffizienz, die Realisierung von Energieeinsparmaßnahmen, die Elektrifizierung des Wärmesektors, die Verringerung

des Energieverbrauchs, eine sparsame und effiziente Nutzung der Energie, Reduktion der Treibhausgasemissionen, alle Atomkraftwerke abschalten. Новые виды энергии обозначены сложными существительными: Windenergie, Sonnenenergie, Solarthermie, Photovoltaik, Meeresenergie, Bioenergie, Wasserkraft, Erdwärme. Новые виды электростанций также получают составные наименования: die Offshore-Windparks, die Kleinwasserkraftwerke. Для усиления экспрессивного эффекта авторы текстов по энергетике обращаются к образному потенциалу языка и используют метафоры: die Säule des Konzepts, die tragende Säule der zukünftigen, energieeffizienten Energieversorgung, der wachsende Energiehunger, Energie vom Hausdach, die Energiewende torpedieren. Это ярко выражено в лозунгах, например: Die Energiewende ist unser Weg in eine sichere, umweltverträgliche und wirtschaftlich erfolgreiche Zukunft [4].

К числу базовых терминов, обеспечивающих смысловое развертывание изучаемого концепта, следует отнести альтернативную энергетику (Im Mittelpunkt der Energiewende stehen also Wind und Solar!), энергосбережение (die energiesparsamsten Volkswirtschaften, Energiespar-Möglichkeiten, Energiesparen und eine effizientere Energienutzung) и энергоэффективность (Energieeffizienz ist die größte Energiequelle!). Обозначенные смысловые сферы получают в немецком языке самостоятельную концептуализацию и формируют развернутые системы номинативных средств.

Итак, как показало проведенное авторами исследование, в словарь профессиональных терминов по теме «Энергетический поворот» должны быть включены следующие языковые единицы: 1) наименования концепта и лексемы, содержащие его как часть наименования; 2) конкретизаторы доминантной лексемы, в том числе, ее синонимы и лексемы, сопровождающие ее наиболее часто и составляющие узкий контекст функционирования данных лексем; 3) лексические единицы, обеспечивающие семантическое развертывание базовых смыслов, таких как die Energieeffizienz и das Energiesparen; 4) наименования, демонстрирующие типологическое многообразие объектов внутри отдельных понятийных сфер, например, таких как виды энергоносителей, электростанций, электросетей и т. д.; 5) прецедентные тесты, а именно: наиболее яркие метафоры, лозунги, высказывания и формулировки, предложенные представителями правительства ФРГ, выдержки из нормативно-законодательной базы (die Energiewendebeschlüsse, Gesetzkarte).

Перспективы исследования авторы видят в дальнейшем изучении ценностного отношения к энергетическим реформам в немецкой лингвокультуре. Как известно, в немецком социуме представлено не только позитивное отношение к происходящим в энергетической отрасли изменениям. Негативную оценку вызывает удорожание энергии, сокращение рабочих мест, нерешенность проблемы утилизации нового оборудования, воздействие на экологию ветроустановок. Особый интерес представляет выявление особенностей трансляции составляющих концепта и его языковых номинаций при заимствовании в другие культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran – 35 Jahre Energiewende // www.die-umwelt-akademie.de/
2. Was Sie über die Energiewende wissen sollen // https://www.deutschland.de/de/topic/ politik/ deutschland-europa/was-sie-ueber-die-energiewende-wissen-sollten
3. Energiewende // http://www.duden.de/rechtschreibung/Energiewende
4. http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energiewende/gesamtstrategie.html

УДК 811.112.2

ЛЕКСИКО-СЕМАНТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ «ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ДОМ» В НЕМЕЦКОМ ЯЗЫКЕ

А. А. Рявкина, Е. Ю. Бредихина – студентки
ВПИ (филиала) ВолгГТУ, г. Волжский, Россия
Е. В. Якимович – д-р филол. наук, профессор
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

Внимание и интерес к энергоэффективным строительным технологиям в европейских странах ведут не только к появлению новых типов зданий, но и к формированию системы языковых средств, используемых для их наименования. Носители немецкого языка достаточно часто обращаются к механизму неологизации и придумывают оригинальные обозначения, которые находят широкое распространение в немецкоговорящем социуме, однако остаются непонятными для представителей других культурно-языковых сообществ и требуют дополнительного объяснения и комментария, получить которые возможно только в результате лингвистического исследования.

К числу новых слов подобного рода относятся немецкие номинации энергоэффективных домов. Их перевод и понимание осложняются словообразовательными особенностями немецкого языка, когда несколько корневых морфем объединяются в одно слово и формируют сложные протяженные языковые единицы. Кроме того, трудности восприятия данных неологизмов возникают из-за недостаточной устойчивости и упорядоченности новой строительной терминологии и наличия многочисленных синонимичных слов и выражений. Это, в частности, относится и к доминанте изучаемого лексико-семантического поля, которая может быть представлена такими языковыми единицами, как: das Energiehaus, das Energiesparhaus, das Effizienzhaus, das energieeffiziente Haus, sparsames Haus.

Положение осложняется еще и тем, что в немецком языке для некоторых наименований до настоящего момента не образовалось устойчивых однозначных форм и обнаруживается параллельное функционирование нескольких вариантов

обозначения и написания, в частности, одновременно используются для номинации дома, соответствующего экологическим нормам: das Öko-haus и das Öko-Haus. В качестве номинантов дома, использующего солнечную энергию, встречаются das Solar-Aktiv-Haus, Solar-Aktives-Haus и Aktives-Sonnenhaus. Необходимо также отметить широкое применение сокращений. Так, аббревиатура PH заменяет лексему das Passivhaus, NEH используется вместо das NeuEnergieHaus, для имени существительного das Energieplushaus имеются такие эквиваленты, как das Eplushaus и +E-Haus.

Характерной особенностью лексем исследуемого семантического поля выступает не только принадлежность к сложным и протяженным по составу словам, но и наличие в их составе числительных, что требует не просто пословного перевода, но и интерпретации при передаче средствами другого языка. Например, лексема das 3-Liter-Haus, на первый взгляд, не может вызвать сложностей при переводе на русский язык, однако без комментария словосочетание «трехлитровый дом» оставить нельзя. Немецкий термин das 3-Liter-Haus используется для наименования энергоэффективного дома, в котором для отопления жилой площади в течение года требуется только три литра жидкого топлива на квадратный метр.

Имена числительные включаются в состав номинаций с лексемой-доминантой das Effizienzhaus и аббревиатурой KfW, используемой вместо полного словосочетания Kreditanstalt für Wiederaufbau, которое является наименованием одного из крупных немецких государственных банков, участвующих в программе кредитования и субсидирования энергоэффективного строительства. В проанализированном авторами материале обнаружены следующие наименования, образованные по данной схеме: das KfW40-Effizienzhaus и das KfW40-Haus, das KfW60-Effizienzhaus и das KfW60-Haus, das Effizienzhaus 55, das Effizienzhaus 70, das Effizienzhaus 85, das Effizienzhaus 100, das Effizienzhaus 115. В данном случае важным показателем энергоэффективности выступает числительное, свидетельствующее о степени соответствия стандарту энергосбережения. Например, энергосберегающий дом KfW60 предполагает, что ежегодная потребность в энергии не будет превышать 60 кВт на квадратный метр. Таким образом, чем ниже участвующий в номинации показатель, тем более энергоэффективным считается здание.

Наряду с вышеперечисленными признаками важную роль при номинации энергоэффективных домов играют: 1) обозначение вида нового источника энергии, которым в большинстве случаев является солнечная энергия: das Solar-Aktiv-Haus, Solar-Aktives-Haus, Aktives-Sonnenhaus; 2) конкретизация технологии использования альтернативной энергии: das Pultdachhaus; 3) указания на соответствие экологическим нормам: das Öko-haus, das Öko-Haus; 4) уточнение вида материала, примененного при строительстве: das Holzhaus, der Holzhausbau; 5) уточнение применяемых строительных технологий: das Holzfertighaus.

Самым ярким признаком, положенным в основу номинации, следует признать степень потребления энергии, и, соответственно, наиболее частотной

морфемой является «-energie-». Как правило, она сопровождается уточнениями, способными вступать в немецком языке в антонимические отношения, которые при номинации энергоэффективных домов применяются в качестве предельно близких по смыслу обозначений. К данной группе относятся лексические единицы das Plus-Energie-Haus, das Plusenergiehaus, das Null-Energie-Haus, das Null-Heizenergie-Haus, das Nullenergiehaus, das Niedrigenergiehaus, das Niedrigstenergiehaus. Внутренняя форма данных лексем содержит указание на степень необходимости в подведении энергии извне. При этом морфема «-null-» в составе номинанта указывает на отсутствие подведения энергии для отопления и использование солнечных или фотоэлектрических установок и систем аккумулирования энергии. Морфема «-plus-» удостоверяет факт передачи излишков энергии в сеть. Niedrig имеет значение «низкий», а niedrigst выступает формой его превосходной степени, однако ни одна из морфем никак не конкретизирована в количественном отношении. Примером могут также служить термины das Passivhaus, как правило, именующий тип постройки с повышенной теплоизоляцией и не требующей отопления, и das Aktivhaus, распространившийся позже как языковая единица с более позитивными ассоциациями (Ср.: Das Aktivhaus unterscheidet sich sicher ganz erheblich vom Passivhaus durch seinen besseren Namen) и по ряду показателей энергоэффективности опережающий пассивное строение.

Итак, отличительными особенностями новых наименований энергоэффективных домов выступают сложная структура, контекстная обусловленность, зависимость от реалий внешнего мира и поддерживаемых социумом концепций энергосбережения.

УДК. 378.1

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В РОССИИ (ПО МАТЕРИАЛАМ ИНТЕРНЕТ-САЙТОВ)

А. А. Опара – канд. филол. наук, доцент
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

В настоящее время в условиях приравнивания науки и технологий к Национальной стратегии безопасности вопросы инженерного образования требуют особого внимания, поэтому цель данной статьи заключается в выявлении его ценностных характеристик для современного общества. Информационным материалом исследования являются сайты Министерства образования и науки РФ, а также технических университетов.

Известно, что первые инженерные школы в России были организованы в начале восемнадцатого столетия Петром I по причине реорганизации русской армии и строительства флота. Большой прогресс в данной сфере был достигнут в начале XIX века под влиянием опыта Франции. Основной прорыв в области

инженерного образования в России, заключавшийся в сближении фундаментальной науки и инженерной практики, был сделан в первые два десятилетия XX века.

Инженерному образованию в XXI веке в России уделяется пристальное внимание, так как инженер должен быть конкурентоспособным и востребованным на рынке труда, знать достижения современной науки и технологий, обладать знаниями как в области своей дисциплины, так и в других, всегда проявлять интерес, мотивацию к обучению и самосовершенствованию, а также владеть иностранными языками [1]. Современные ведущие вузы России способны подготовить таких специалистов. Например, на сайте Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана представлена информация абитуриенту, студенту, выпускнику и сотруднику о деятельности вуза: учебной, научной, коммерческой, международной, информационной, издательской и общественной. Обучение ведется в восьми научно-исследовательских комплексах, каждый из которых включает факультет и научно-исследовательский институт. Профессиональная подготовка проходит на пяти отраслевых факультетах: аэрокосмический, оптико-электронное приборостроение, приборостроительный, радиотехнический и ракетно-космическая техника, которые созданы на базе крупных предприятий, организаций и учреждений оборонно-промышленного комплекса России. Университет является учредителем фонда «Сколково». Высокое качество образования отмечено дипломами за «Русский метод обучения», орденами Трудового Красного знамени, Ленина и Октябрьской революции, указами Президента РФ как на уровне России, так и мира [2].

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина, основанный в 1930 году академиком И. М. Губкиным, является основным вузом в системе нефтегазового образования России. Его плодотворная деятельность отмечена государственными наградами: Орден Трудового Красного Знамени, Орден Октябрьской Революции, Орден Труда 3-й степени Социалистической Республики Вьетнам, Орден Дружбы Социалистической Республики Вьетнам, Благодарность Президента Российской Федерации и Почетная грамота Правительства Российской Федерации [3].

Национальный исследовательский университет «МЭИ» (Московский энергетический институт) − российский университет, являющийся одним из крупнейших в мире в области энергетики, электротехники, радиотехники, электроники, информационных технологий и менеджмента, был основан в 1930 году. Начиная с 1940-го года государство отмечает качество образования вуза орденами и медалями. Высшей наградой является «Серебряный знак». 17 ноября 2016 года Министр энергетики А. В. Новак сообщил в правительственной телеграмме о присуждении вузу премии Правительства Российской Федерации в области качества. Таким образом, была дана оценка заслугам ректора и коллектива в сохранении фундаментального инженерного образования [4].

Благодаря свободному доступу к Интернет-ресурсам, современный человек может получить любую информацию о состоянии, развитии и перспективах современной науки в России. Основным источником является сайт Министерства

образования и науки РФ, на котором представлена Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014−2020 годы». Она состоит из соответствующих мероприятий, процедур и регламентов, через которые государство осуществляет научно-техническую политику, размещая государственные заказы на исследования и разработки в приоритетных направлениях науки и технологий [5]. Например, 10 ноября 2016 года в Москве открылась практическая конференция по вопросам реализации научных разработок, нацеленная на решение инновационной модернизации ведущих отраслей отечественной экономики с опорой на собственный научный и интеллектуальный потенциал. Ее девиз − от идеи до практики [6]; 17 ноября 2016 года в Санкт-Петербурге прошел ежегодный III Всероссийский инженерный конкурс, на котором были представлены работы по двадцати трем направлениям – от машиностроения и информационной безопасности до энергопользования и медицинских технологий. Он показал, как участники решали реальные инженерные задачи, предоставленные компаниями – партнерами конкурса, с которыми инженеры регулярно сталкиваются в своей повседневной деятельности [7].

Одной из наивысших оценок современного инженерного образования является его конкурентоспособность как на внутреннем рынке, так и на внешнем. Например, Московский физико-технический институт (МФТИ) по версии рейтинга THE: World Reputation Ranking 2016 оказался в группе 91−100 [8]. В 2016 году технические российские университеты высоко оцениваются различными мировыми рейтингами. Например, российские вузы заняли двадцать мест в первой сотне предметных рейтингов QS World University Rankings by Subjects [9]. В третьем ежегодном рейтинге QS «Развивающаяся Европа и Центральная Азия» национальный исследовательский технологический университет (МИСиС) поднялся на двенадцатую позицию и занял шестьдесят третье место.

Таким образом, современное высшее инженерное образование в России оценивается обществом как качественное, способное к реализации проектов по заказам промышленности и конкурентоспособное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современное инженерное образование : учеб. пособие /А. И. Боровков [и др.]. – СПб. : Изд-во Политехнического университета, 2012. – 80 с.
2. http://www.bmstu.ru/mstu/about/introducing/
3. http://www.gubkin.ru/general/university_history/
4. http://mpei.ru/news/PublishingImages/2016/2016-11-17-6/telegramma.jpg
5. http://www.fcpir.ru/
6. http://xn--80abucjiibhv9a.xn--p1ai/%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/9053
7. http://xn--80abucjiibhv9a.xn--p1ai/%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/9129
8. http://xn--80abucjiibhv9a.xn--p1ai/%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/8242
9. http://xn--80abucjiibhv9a.xn--p1ai/%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/8037

УДК 378.1

ИНФОРМАЦИОННЫЕ САЙТЫ МИНИСТЕРСТВ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ И ВЕЛИКОБРИТАНИИ В ПОНИМАНИИ БАКАЛАВРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

К. А. Латышов, А. А. Опара − студенты
А. А. Опара − канд. филол. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, Россия

В XXI веке специалисты в области инженерного образования говорят о формировании у бакалавров не только определенных знаний, умений и навыков, но и компетенций, помогающих эффективно использовать комбинацию фундаментальных и прикладных знаний, современных технологий в их будущей профессии. Инженеру необходимо быть конкурентоспособным и востребованным на рынке труда, знать достижения современной науки и технологий, обладать знаниями как в области своей дисциплины, так и других, всегда проявлять интерес, мотивацию к обучению и самосовершенствованию, а также знать культуру других стран и владеть иностранными языками. Одним из источников повышения уровня самообразования являются интернет-сайты министерств энергетики разных стран, содержащие полную и достоверную информацию о состоянии и развитии этой отрасли. Целью данной статьи является выявление содержательных характеристик сайтов, раскрывающих национальное развитие и безопасность стран в сфере энергетики.

Министерство энергетики и изменения климата Великобритании (Department for Business, Energy & Industrial Strategy) было создано в октябре 2008 года премьер-министром Гордоном Брауном и взяло на себя некоторые из обязанностей Министерства по делам бизнеса, предпринимательства и реформы управления, в частности, функцию по энергетике и Министерства окружающей среды, продовольствия и сельского хозяйства, а также роль, связанную с изменением климата. Сайт департамента энергетики и климатических изменений Великобритании входит в общую сеть сайтов департаментов, министерств, государственных учреждений, высокопрофильных групп, государственных корпораций и сайтов регионального управления Объединенного Королевства. Данная сеть очень обширна и охватывает абсолютно все сферы жизни, начиная от сайтов Министерства обороны или Министерства культуры, заканчивая сайтами известных во всем мире корпораций, таких как BBC. Также здесь представлена подробная информация об адресах главных офисов организаций. В итоге, данная сеть насчитывает пятьсот десять сайтов [1].

Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России) было образовано 12 мая 2008 года Указом Президента РФ. Оно возникло при разделении Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации и осуществляет разработку и реализацию государственной политики в

данной сфере, а также нормативно-правовое регулирование топливно-энергетического комплекса по вопросам электроэнергетики, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности: газовой, торфяной, угольной и сланцевой. Министерство решает вопросы о возобновляемых источниках энергии, освоении месторождений углеводородов на базе соглашений о разделе продукции и в сфере нефтехимической промышленности [2].

Оба сайта соответствуют современному дизайну и технологиям, сайт Министерства энергетики России имеет англоязычную версию − The Ministry of Energy of the Russian Federation (Minenergo of Russia). Тот и другой сайты чрезвычайно информативны и просты для понимания. На них представлены такие разделы, как: статистика, публикации, консультации, мониторинг прессы в энергетической сфере. Однако на британском сайте существует такой раздел, как «Worldwide», в котором описаны все самые важные события (и не только в области энергетики), которые проводит британское правительство в разных странах мира. Например, 1 декабря 2016 года британская торговая делегация во главе с послом Лаури Бристоу посетила Казань [3].

Также на нем огромное внимание уделяется вопросам, связанным с экологией и изменениями климата, чего нет на сайте Министерства энергетики России. На русском сайте также представлено большое количество информации, которая отсутствует на британском. Например: количество добытых углеводородов (нефть, уголь), количество выработанной энергии, цены на бензин. Одним из преимуществ сайта Министерства энергетики России можно назвать факт постоянного проведения на нем опросов с целью улучшения качества сайта и увеличения доступности информации представляемой Министерством. Стоит отметить, что скорость поиска на британском «коллеге» значительно ниже, чем на русском. Для поиска необходимого документа на британском сайте, сначала придется перейти в один из основных разделов: 1) Объявления; 2) Консультации; 3) Все публикации; 4) Статистика. Затем необходимо будет либо через поиск, либо выбирая нужный раздел искать среди нескольких сотен, а возможно даже тысяч статей на данную тематику нужный документ. На российском сайте за считанные секунды можно сузить список всего до пары десятков документов.

Таким образом, Министерство энергетики и изменения климата Великобритании и сайт Министерства энергетики России являются прекрасными площадками для публикации новостей в экологической и энергетической сферах. Они предоставляют абсолютно всю необходимую информацию в данных сферах, что дает возможность для повышения уровня самообразования бакалавров технического вуза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-business-energy-and-industrial-strategy
2. http://minenergo.gov.ru/
3. ttps://www.gov.uk/government/world/russia

СОДЕРЖАНИЕ

Бетуганова Е. А., Иваницкий М. С. Проблемы обращения и использование золошлаков энергетических котлов в России…… 3
Козырева Е. С., Агринская С. А. Исследование алгоритмов управления процессом нагрева рабочего пространства в кольцевой печи трубопрокатного цеха № 1 АО «Волжский трубный завод»…… 5
Пивченко А. В., Терентьев Г. Ф. Физическое моделирование тепловых полей в установках с кипящим слоем..... 9
Гурин А. Д., Грига А. А. Влияние КПД компрессора и турбины на удельную мощность и эффективность газотурбинных двигателей…….. 14
Тихонова В. С., Попов И. А., Кулькова В. В. Анализ факторов аварийного разрушения барабанов котлов высокого давления……. 15
Купоносова В. С., Максимова А. А. Исследование системы управления процессом спекания агломерационной шихты……... 20
Карпова В. С., Гусева Ю. В. Краткий обзор путей перехода на экологически чистые технологии в теплоэнергетике…… 24
Чернышев Н. С., Гусева Ю. В. Разработка варианта схемы ПГУ-ТЭЦ для создания собственной генерации на АО «Волжский трубный завод»… 26
Опарина Е. К., Бетуганова Е. А., Карпова В. С., Гусева Ю. В. Разработка математических зависимостей для определения концентрации оксидов азота в дымовых газах паровых пылеугольных котлов БКЗ-500-140-1…… 28
Целуйко Е. Н., Султанов М. М. Перспективные направления развития системы теплоснабжения г. Волжского……... 33
Бетуганова Е. А., Иваницкий М. С. Влияние рабочих характеристик топлива на температурный режим в топочной камере пылеугольного котла……. 35
Семенова Е. В., Бунин Д. С., Пруцков А. А., Одоевцева М. В. Комплекс мероприятий по повышению ресурсо- и энергоэффективности котельной… 37
Макаренко Е. А., Одоевцева М. В. Экологически эффективные методы очистки засоленных стоков…….. 40
Гусев И. М., Смирнова А. В., Азаров В. Н. Разработка специализированного ГИС-приложения для моделирования динамики распространения загрязняющих веществ……... 43
Гришин С. С. К вопросу моделирования процессов в волновых автоколебательных ветродвигателях…… 47
Мельников Е. А., Ходырева Н. Г. Выбор технических характеристик беспилотных летательных аппаратов с целью осмотра воздушных линий электропередачи……. 53
Габидулин Р. М., Молчанова М. В., Надюк К. Ю., Ярда Н. А., Грига А. Д. Новая схема прямоточной турбины……. 60
Мазин А. С., Рябов А. Ю., Трохимчук М. В. Исследование конструкционных особенностей эксплуатации земляных полотен ГЭС….. 64

Рябов А. Ю., Мазин А. С., Трохимчук М. В. Изучение эксплуатационных условий деривационного лотка на Кашхатау ГЭС……. 68
Освальдо Фидель Гарсия Моралес, Альберто Баррейро Соса. Результаты применения технологии управления общей энергоэффективностью и ее связь со стандартом ISO 50001 в компании» Акведук»……. 71
Жилина В. И. Инновационные подходы к повышению энергоэффективности управления приводными механизмами насосных установок……... 80
Яхутль В. В., Агринская С. А. Исследование автоматических систем регулирования уровня…… 83
Глухова Н. А., Дорошенко Е. В., Трохимчук М. В. Технико-экономическая эффективность использования тепловых насосов на ТЭЦ… 88
Глухова Н. А., Дорошенко Е. В., Трохимчук М. В. Тепловые насосы как источник альтернативной энергии……. 92
Глухова Н. А., Дорошенко Е. В., Трохимчук М. В. О перспективах использования тепловых насосов в регионах России……. 94
Васильева А. К., Геннадиев В. Н., Щуров П. А., Ильина В. И. Использование экологически чистых альтернативных источников энергии…….. 97
Ермишина Н. Д. Современные информационные войны……. 102
Краснова Л. И. Поездка С. Ю. Витте на Дальний Восток в 1902 г. и ее результаты…….. 106
Якимович Е. В. Формирование словаря-минимума профессиональных терминов при обучении иностранному языку бакалавров-энергетиков…... 111
Калинова Д. А., Железняков В. А., Якимович Е. В. Лингвокультурная концептуализация понятия «энергетический поворот» в немецком языке… 113
Рявкина А. А., Бредихина У. Ю. Якимович Е. В. Лексико-семантическое поле «энергоэффективный дом» в немецком языке……... 118
Опара А. А. Инженерное образование в России (по материалам интернет-сайтов)……. 120
Латышов К. А., Опара А. А., Опара А. А. Информационные сайты Министерств энергетики России и Великобритании в понимании бакалавров технического вуза……... 123

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

г. Волжский
декабрь 2016 г.

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ КОНФЕРЕНЦИИ

Редактор *Юрина В.В.*
Корректор *Сильникова Е.Г.*

Подписано в печать 20.02.2017. Формат 60×84/16.
Печать ризографическая. Усл. печ. л. 7,9.
Тираж 50 экз. Заказ № 527.

Издатель Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском
Отпечатано в РИО филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском
404110, г. Волжский, пр. Ленина, 69.