



Администрация города Волжского Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ

Волжский институт строительства и технологий ВолгГАСУ

Филиал Московского энергетического института (технического университета) в г. Волжском

Волжский гуманитарный институт (филиал) ВолГУ

ТРИНАДЦАТАЯ

МЕЖВУЗОВСКАЯ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ

г. Волжский май–июнь 2007 г.

АДМИНИСТРАЦИЯ ГОРОДА ВОЛЖСКОГО ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ВОЛГТТУ ВОЛЖСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬСТВА И ТЕХНОЛОГИЙ ВОЛГГАСУ ФИЛИАЛ МОСКОВСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА (ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА) В Г.ВОЛЖСКОМ ВОЛЖСКИЙ ГУМАНИТАРНЫЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ВОЛГУ

ТРИНАДЦАТАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ

г. Волжский май – июнь 2007 года

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Том 5

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ, ХИМИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ЭНЕРГЕТИКЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЮ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Организационный комитет:

Ростовщиков В.А. (председатель), Каблов В.Ф., Кузеванов В.С., Шумячер В.М., Горяйнов В.В.

Тринадцатая межвузовская научно-практическая конференция молодых ученых и студентов. г. Волжский, май-июнь 2007 г.: Тезисы докладов. В 5 т. Т. 5. Технологические процессы в машиностроении, химии, строительстве, энергетике и их влияние на экологию и природопользование. — Волжский: Филиал ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском, 2007. — 107 с. Издательство: Филиал ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском, 2008.

Тезисы докладов Тринадцатой межвузовской научно-практической конференции молодых ученых и студентов города Волжского освещают актуальные проблемы в области машиностроения, химии, строительства и энергетики. Сборник предназначен для студентов, аспирантов, преподавателей вузов и инженеров, интересующихся указанными выше направлениями науки и техники.

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

УДК 621.3+621.37[(043.2)]

[©] Авторы, 2008

[©] Филиал ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском, 2008

СЕКЦИЯ № 1

АЛГОРИТМЫ, МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Председатель: *Кузеванов В.С.* – д-р техн. наук, профессор Секретарь: *Закожурникова Г.С.* – инженер кафедры ТЭС

филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Закожурников С.С. — студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. Терентьев Г.Ф. — канд. техн. наук, доцент

Исследователям удалось разработать и практически реализовать метод, при котором под воздействием плазмы тлеющего разряда в загрязненной воде протекают различные физико-химические процессы, приводящие к очистке воды от широкого спектра загрязняющих веществ.

Суть метода заключается в следующем. На тонкую пленку загрязненного водного раствора, текущего по поверхности катода плазмохимического реактора, воздействуют плазмой газового разряда. Воздействие осуществляется в условиях относительного вакуума (20-50 Top), разряд зажигается в парах воды и остаточного воздуха. В качестве рабочего разряда используется несамостоятельный тлеющий разряд, который поддерживается высокочастотным предионизирующим разрядом.

При конструировании плазменного очистного оборудования был использован модульный принцип. Установка требуемой производительности по очистке собирается из необходимого числа функционально законченных модулей. Ключевым элементом модуля является плазмохимический реактор. Метод позволяет также проводить доочистку питьевой воды от различных загрязняющих веществ и, что не менее важно, одновременно полностью уничтожить находящиеся в воде бактерии и вирусы. Концентрация загрязняющих веществ после очистки соответствует самым строгим стандартам, предъявляемым к питьевой воде.

Модуль плазменной установки очистки воды имеет технические параметры: производительность 0,5-1,5 м 3 /ч, энергопотребление 6,6-20 кВт·ч/м 3 . Размеры модуля $180 \times 100 \times 60$ см.

В зависимости от решаемых задач метод плазменной очистки воды оказывается одним из наиболее эффективных по критерию «эффективность — стоимость». Себестоимость очистки 1 т сточных вод: для сильно загрязненных вод — 37,09 руб.; для умеренно загрязненных вод — 20,63 руб. Себестоимость подготовки 1 т питьевой воды (без умягчения) составила 12,60 руб.

Описанный метод продемонстрировал высокую эффективность очистки воды от широкого спектра загрязняющих веществ в их различных комбинациях. Он также весьма эффективен при подготовке питьевой воды. Модульное построение очистных систем на основе этого метода, их высокая адаптивность создания мобильных установок, низкие удельные капитальные вложения и эксплуатационные затраты значительно усиливают конкурентоспособность метода. Очевидно, что плазменная очистка воды является одним из наиболее перспективных методов в системах водоочистки.

Для утилизации отходов также используют различные химические установки. Область применения: оставляющие вещества химического оружия, запрещенные и непригодные к использованию пестициды, полихлорбифенилы, отходы химической, медицинской и фармацевтической промышленности и др.

Сущность технологического процесса базируется на термохимическом методе преобразований обезвреживаемого вещества, включающих ряд последовательных стадий: высокотемпературное разложение ($T=2\,000\text{--}3\,500\,^{\circ}\mathrm{K}$), доокисление и химическое связывание элементов разложения, многозвенная система нейтрализации и увлажнения конечных малотоксичных химических соединений.

Техническое воплощение установки осуществлено на принципах создания ракетной техники; в связи с этим ее технический облик принципиально отличается от мусоросжигательных печей или реакционных камер плазменного обезвреживания, в которых основные процессы проходят по условной схеме *«горение в объеме»*. В созданной установке основные исполнительные органы (камера сгорания РД, реакционная камера, абсорбер) расположены в последовательной цепи и работают по схеме организации процессов в высокоскоростном движущемся потоке. В качестве комплектующих элементов использованы готовые узлы и агрегаты ракетного двигателя. Это позволило обеспечить энергонасыщенность, малые габариты и высокую степень автоматизации в управлении созданной установкой. При производительности до 1 т/час обезвреживаемого вещества ее габариты составляют $4,5 \times 1,8 \times 2,0$ м.

Для обезвреживания наиболее распространенных токсикантов в пересчете на 1 т обезвреживаемого вещества требуется: технического кислорода ~ 1000 кг, керосина ~ 100 кг, каустической соды ~ 700 кг. Практическое обслуживание установки осуществляют 3 человека. Эти материальные затраты составляют основные статьи расходов, по грубым оценкам, многократно ниже, чем для существующих промышленных аналогов.

Практическое внедрение разработки осуществляется по двум параллельным направлениям. Первое — на стационарном комплексе одного из крупнейших в Европе металлургического комбината ОАО «Северсталь» г. Череповца Вологодской области осуществляется обезвреживание трансформаторных масел, использующих РСВ. Вторым направлением внедрения является создание мобильного комплекса по обезвреживанию специальных рецептур Министерства обороны на полигоне Шиханы Саратовской области.

По результатам систематических замеров на обоих комплексах установлено, что по традиционным показателям токсичных выбросов СО, СН, NO_x, а также элементов и соединений их уровень удовлетворяет требованиям национальных и международных нормативов. По обобщенному экологическому показателю ЭРУ достигнутый уровень составляет не ниже 99,9999 %, что удовлетворяет международным требованиям как по обезвреживанию POPs, так и уничтожению химического оружия.

ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ АЛГОРИТМА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Закожурникова Г.С. – инженер филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Закожурников С.С. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. Староверов В.В. – канд. техн. наук, доцент

На ОАО «ВАЗ» был проведен ряд экспериментов для оценки влияния различных факторов на процесс синтеза карбида кремния (SiC).

При производстве карбида кремния важным фактором является температурный режим различных зон печи. В ходе кампании максимальная температура (2800-2900 °C) достигается в электропроводном керне. Нагрев керна и удаление примесей вызывают вначале быстрое падение сопротивления, последующее силицирование кокса увеличивает его, а графитирование снова уменьшает. Зона непосредственного тепловыделения расширяется в радиальном направлении, что способствует увеличению толщины слоя SiC.

По окончании кампании в печи образуются продукты, располагающиеся концентрическими зонами вокруг керна и отличающиеся своими химическими и фазовыми составами.

На процесс синтеза карбида кремния влияют различные факторы: укладка и размеры керна; физический и химический состав реакционной и теплоизоляционной шихты и геометрия ее загрузки; режим плавки (мощность, количество затраченной электроэнергии) и другие.

Был проведен сравнительный анализ применения керновых щитов сечением 40×80 и 63×63 см на электрические показатели плавки и валовой выход. Выход куска с печи с сечением 63×63 см был больше на 446 кг, а общий валовой выход больше на 890 кг. Среднечасовая мощность также была выше, а время плавки меньше на 1 час 20 мин.

Несомненно, на выход продукта существенным образом влияет режим плавки и, по-видимому, динамика температурного режима, особенно в реакционной зоне печи. Однако экспериментальных данных по температурным полям практически не существует.

Как отмечалось, при загрузке печи могут меняться размеры керна, шихты и режим плавки. Поэтому задачу определения температурных полей необходимо ставить в общей постановке.

Основу алгоритма составляет нестационарное трехмерное уравнение теплопроводности

$$cC_{p}\frac{\partial t}{\partial \phi} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\pi(x,\tau)\frac{\partial t}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\pi(y,\tau)\frac{\partial t}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\pi(z,\tau)\frac{\partial t}{\partial z}\right) + q_{v},$$

где t — температура; τ — время; ρ — плотность; C_p — теплоемкость; λ — коэффициент теплопроводности; q_v — удельная производительность внутренних источников теплоты.

Начальные условия:

при $\phi = 0$; $t = t_0$; $q_v = 0$;

при $\phi > 0$; $q_v = q_0$ (для керна).

Граничные условия:

на стыке зон ставятся граничные условия четвертого рода:

$$\pi_i \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right)_i = \pi_{i+1} \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right)_{i+1},$$

где n — нормали к поверхностям раздела зон; i — номера раздела зон;

на границе теплоизоляционной зоны и окружающей среды задаются граничные условия третьего рода:

$$-\pi \left(\frac{\partial t}{\partial n}\right) = \delta(t_{\text{\tiny T.3}} - t_{\text{o.c}}),$$

где α — коэффициент теплоотдачи от окружающей среды к поверхности печи; $t_{\text{т.з}}$ — температура на внешних поверхностях печи; $t_{\text{o.c}}$ — температура окружающей среды.

Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что состав карбида кремния определяется, в первую очередь, условиями его получения (температура, давление, состав среды, наличие примесей и ряд других факторов). Поэтому представляет интерес рассмотрение методов получения промышленного карбида кремния с точки зрения установления взаимосвязи технологических параметров процесса синтеза со структурой полученного продукта.

Следует иметь в виду, что снижение температуры в промышленной печи сопротивления имеет место по мере удаления от керна к периферии. Но при этом изменяется состав газовой среды, газопроницаемость шихты, скорость кристаллизации SiC, а также кинетические параметры процесса, которые влияют на формирование того или иного политипа.

В образцах SiC, синтезированных при температуре ниже 2100 °C, в основном присутствует кубическая β-модификация. В промышленных образцах SiC и

карбидокремниевых материалах, полученных при температурах выше 2200 °C, присутствует в основном α -SiC с преобладанием политипа 6H, ему сопутствуют в меньших количествах политипы 15R и 4H.

Найденные экспериментально нестационарные температурные поля позволят проанализировать динамику режима плавки, а также использовать их для отладки программного комплекса по численному моделированию процессов тепломассобмена. При численном моделировании процессов тепломассобмена необходимо провести экспериментальное исследование теплофизических свойств материалов при загрузке печи, а также после окончания плавки (λ – теплопроводность, ρ – плотность, C_p – теплоемкость, электропроводность).

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

Иванников А.С., **Михайлов Я.А.** – студенты филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Бебяков А.Н.** – канд. техн. наук, доцент

Сверхпроводимость – способность вещества пропускать электрический ток, не оказывая ему ни малейшего сопротивления. Это явление тесно связано со сверхнизкими температурами, близкими к абсолютному нулю. Само понятие абсолютного нуля вошло в физику из газового закона, а потом распространилось на все состояния вещества и приобрело фундаментальное значение для всей физики. Абсолютному нулю соответствует температура – 273 °С. Никакое вещество нельзя охладить ниже этой температуры, то есть при абсолютном нуле молекулы вещества обладают наименьшей энергией, которая уже не может быть отнята у тела ни при каком охлаждении. При каждой попытке охладить вещество энергии в нём остаётся всё меньше и меньше, но всю её вещество никогда не сможет отдать охлаждающему устройству. По этой причине учёные не достигли абсолютного нуля и не надеются сделать это, хотя они уже достигли температур порядка миллионных долей градуса.

Возникает вопрос, а нельзя ли найти другого посредника, другую среду, которая обеспечивала бы более сильное межэлектронное притяжение, тем самым повышая и критическую температуру.

Чёткий и окончательный ответ ещё не получен. Но если говорить о теории, то можно указать и другие механизмы сверхпроводимости, не связанные с колебаниями кристаллической решётки.

Один из таких механизмов предложил американский физик Литтл. Его идея заключалась в том, чтобы получить полимер особой структуры. Схематически модель такого органического сверхпроводника представляет собой длинную полимерную нить с ответвлениями по бокам. При этом в главной — центральной нити — возникает сверхпроводящее состояние, которое, согласно расчётам, проведённым Литтлом, должно сохраняться до температуры T = 2400 K! В основе своей эта идея правильна, но реализация её наталкивается

на принципиальные трудности как теоретического, так и экспериментального характера.

Сейчас уже существует множество систем, полностью сверхпроводящих в жидком азоте, кислороде. Одной из наиболее острых и важных проблем является проблема осуществления управляемой термоядерной реакции. Чтобы осуществить управляемый термоядерный синтез, нужно разогнать ядра лёгких атомов до таких скоростей, чтобы при соударении они не разлетались. Это возможно только при температурах порядка 10^6 - $10^7\,^{\circ}$ С. При такой температуре любое вещество пребывает в так называемом плазменном состоянии. Атомы теряют свои электронные оболочки, и вещество превращается в бурлящую смесь заряженных ядер и электронов. Такую горячую плазму нельзя удержать ни в одном сосуде. Но поскольку речь идёт о заряженных частицах, то на их траектории можно воздействовать магнитными полями. Тогда при достаточно сильных магнитных полях и их соответствующей геометрии можно, несмотря на высокие скорости частиц, удержать их в некотором реакционном пространстве (камере). Необходимые для этого магнитные поля столь велики, что их создание экономически будет оправдано только при использовании сверхпроводящих магнитов.

С ростом потребляемых мощностей всё острей становится проблема передачи энергии. С воздушными линиями передач и подземными кабелями возникает немало сложностей. Например, и в воздушной, и в кабельной линии приблизительно десятая часть энергии безвозвратно теряется при нагреве токоведущих жил. Конечно же, очень заманчиво для решения этой проблемы использовать явление сверхпроводимости. Сам по себе сверхпроводящий материал намного дороже меди, но токонесущая жила оказывается дешевле. Сэкономленную на таковой жиле денежную сумму можно потратить на криогенное охлаждение. Основная трудность, которая возникает при прокладке сверхпроводящего кабеля, — тепловая защита сверхпроводника. Кабель имеет вид многослойной трубы и, в сущности, представляет собой длинный криостат.

Ещё одна проблема, удачно решённая с помощью уникального свойства сверхпроводников — диамагнетизма, — увеличение скоростей железнодорожного транспорта. Этого достигли, заменив колёса так называемой «магнитной подушкой».

С каждым годом в науке и технике требуются всё более точные измерения. И здесь на помощь приходит явление сверхпроводимости. Изменение свойств сверхпроводников при переходе в сверхпроводящее состояние используется для создания высокочувствительных измерителей и датчиков. Самая простая функция таких приборов связана с определением температур, магнитных полей и токов, которые непосредственно сравниваются с критическими параметрами сверхпроводника.

Удивительно, как быстро движется научно-технический прогресс. Исследования, начавшиеся в начале века, сейчас уже привели к появлению новой области техники — прикладной сверхпроводимости, которая, пожалуй, развивается ещё стремительнее. Для человечества это имеет огромное значение, ведь это позволит в скором будущем решить многие глобальные проблемы, такие, как

недостаток и немалая стоимость энергии; истощение земных ресурсов (угль, нефть, газ), которое растёт с каждым годом из-за возрастания потребности населения в энергетическом сырье. Человек сможет быстрее и безопаснее перемещаться по воде, по суше и по воздуху. Использование сверхпроводников в машиностроении и в энергетике решит большой ряд проблем, связанных с экологией (выбросы отработанных энергетических продуктов). Можно ещё продолжать и продолжать этот ряд, так как теперь на многие вещи, раньше казавшиеся пределом совершенствования, придётся взглянуть с другой стороны — со стороны явления сверхпроводимости.

МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ ГОРОДА ВОЛЖСКОГО

Куфтин Д.С. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Терентьев Г.Ф.** – канд. техн. наук, доцент

Экономический рост, основанный на традиционных природоемких технологиях, выступает как основной дестабилизирующий фактор для окружающей среды. Именно поэтому соизмерение и согласование экономических и природных потенциалов и формирование эколого-экономической системы (ЭЭС) должно быть предметом экономической теории и практики.

Понятие эколого-экономической системы означает интеграцию экономики и природы, взаимосвязанное и взаимообусловленное функционирование общественного производства внутри конкретных природных комплексов. Целью является стремление к тому, чтобы природоемкость производства не превышала экологической техноемкости территории. Можно сделать один общий вывод о том, что сложные экологические ситуации характерны, как правило, для крупных промышленных центров.

Экологически опасные отходы г. Волжского можно утилизировать различными методами, включая плазменную очистку загрязненных вод, технологию высокотемпературного обезвреживания супертоксикантов, а также с помощью установки для плазмохимической переработки экологически опасных отходов (УППО). Рассмотрим подробнее особенности данной установки.

Основными целями установки для плазмохимической переработки отходов являются следующие:

- а) переработка жидких органических и хлорорганических промышленных отходов;
- б) создание как стационарных региональных центров по переработке отходов, так и транспортабельных плазмохимических установок.

Областями применения УППО являются химические, нефтехимические, электротехнические, полиграфические, фармацевтические и другие предприятия, а также экологические службы больших городов. Плазмохимический метод является одним из наиболее эффективных методов переработки органических и

особенно хлорорганических отходов. В качестве теплоносителя используется воздух, нагретый в электродуговом плазмотроне до температуры 5 000...7 000 К. Отходы смешиваются с горячим воздухом в плазмохимическом реакторе и разлагаются с образованием простых нетоксичных веществ, таких, как диоксид углерода СО2, водяной пар Н2О, хлороводород HCl и азот N2. После улавливания HCl из газовой смеси экологически чистый газ выбрасывается в атмосферу.

Концепция транспортабельной установки заключается в следующем.

Если предприятие производит большое количество отходов, однако недостаточное для полной годовой загрузки плазмохимической установки, то приобретение и эксплуатация этой установки могут оказаться невыгодными. В этом случае ряд предприятий покупают установку для совместного использования. Каждое из этих предприятий создает на своей территории рабочее место для установки. Когда на предприятии накопится достаточно большой запас отходов, установку привозят на данное предприятие, монтируют ее на рабочем месте и начинают перерабатывать отходы. После того, как все накопленные отходы будут переработаны, установку перевозят на другое рабочее место.

УППО выполнена в виде набора отдельных транспортабельных блоков:

- а) плазмохимический блок;
- б) блок подачи отходов;
- в) электротехнический блок;
- г) блок водяного охлаждения;
- д) блок управления.

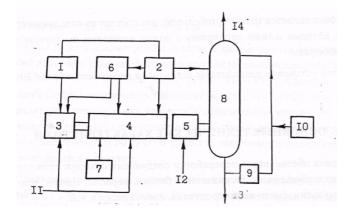


Рис. 1. Схема установки

1 — электротехнический блок; 2 — блок управления; 3 — плазмотрон; 4 — плазмохимический реактор; 5 — закалочное устройство; 6 — автономная система охлаждения; 7 — блок подачи отходов; 8 — колонна нейтрализации; 9 — насос; 10 — емкость с раствором NaOH; 11 — сжатый воздух; 12 — вода; 13 — слив раствора NaCl; 14 — выброс чистого газа.

Установка работает следующим образом.

Горячий воздух из плазмотрона и отходы в виде аэрозоля одновременно подаются в химический реактор и взаимодействуют в нем. Экзотермические реакции обеспечивают достаточно высокую рабочую температуру (1300...1800 К), под действием которой отходы разлагаются с образованием простых веществ (СО2, H2O, HCl). Для предотвращения обратных реакций, которые могут привести к образованию вторичных токсичных продуктов, на выходе из реактора расположено закалочное устройство, которое обеспечивает быстрое снижение температуры газа. В качестве закалочного агента используется вода, которая

впрыскивается в реактор. После реактора газовая смесь поступает в нижнюю часть колонны нейтрализации, часть объема которой занимают кольца Рашига.

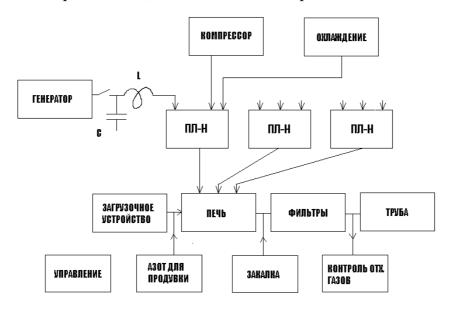


Рис. 2. Блок-схема установки для плазмохимической переработки экологически опасных отходов

В верхней части колонны расположено душирующее устройство, через которое в колонну подается вода из отдельной емкости; таким образом в колонне образуется водяной туман. Газовая смесь проходит через этот туман, при этом происходит поглощение водой паров HCl с образованием раствора соляной кислоты, которая собирается в нижней части колонны и затем перекачивается в емкость. Затем раствор из этой емкости подается в колонну через душирующее устройство. Таким образом, процесс происходит по замкнутому циклу, и концентрация раствора увеличивается. Периодически часть раствора перекачивается в другую емкость. Поскольку вода и ненасыщенный раствор соляной кислоты сильно поглощают газообразный HCl, а также вследствие большой высоты колонны (7 м), газообразный выхлоп из колонны содержит только N2, CO2 и H2O и, следовательно, является экологически безопасным.

К примеру, с помощью данной установки можно утилизировать многочисленные отходы Волжского завода органического синтеза, не прибегая к экологически небезопасному зарыванию их в пласты земли на значительную глубину.

АТОМНАЯ СТРУКТУРА И МОДЕЛИ МИГРАЦИИ ГРАНИЦ ЗЕРЕН ОБЩЕГО ТИПА

Поляков А.С. – ассистент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Кульков В.Г.** – д-р физ.-мат. наук, доцент

Границы зерен оказывают существенное, а в определенных случаях и решающее влияние на свойства твердых тел. В связи с этим создание моделей

строения границ имеет принципиальное значение. Граница зерна внутри металла — это граница, разделяющая два кристалла (или зерна), отличающиеся либо кристаллографической ориентацией, либо составом, или по двум признакам сразу. Развитие теории границ зерен в настоящее время разделилось на два направления: проблема малоугловых (специальных) и большеугловых (общего типа) границ.

Для описания специальных границ зерен была предложена модель решеток совпадающих узлов. В модели указывается на то, что при определенных (особых или специальных) параметрах разориентировки одного кристалла относительно другого часть узлов кристаллической решетки одного из них может совпадать с положениями узлов кристаллической решетки другого. При этом принимается, что граница, проведенная между такими кристаллами по плоскости, содержащей совпадающие узлы, будет обладать упорядоченной структурой, период которой отличается от периода решетки составляющих границу кристаллов. Теория специальных границ зерен в настоящее время хорошо проработана.

Существуют также границы общего типа, называемые также несоразмерными границами. Последнее название возникло при изучении поверхностей раздела, образованных сопряжением двух плоскостей кристаллов, находящихся в различных фазах с иррациональным отношением периода решеток. В настоящее время подобная теория разрабатывается также для однофазных систем. Большинство понятий заимствовано из модели структуры и свойств неравновесных границ зерен.

Среди множества всех возможных границ, встречающихся в поликристаллах, подавляющее большинство (порядка 90 %) имеет произвольно разориентированную границу. Первоначально определяющей физические свойства межкристаллитной границы является геометрическая структура, построенная в модели жесткой решетки, так называемая идеализированная модель межкристаллитных границ. Геометрическая классификация предложена Даринским и Федоровым [1]. Предложенная классификация выделяет три типа плоских поверхностей кристалла: кристаллографические плоскости; плоскости, целиком содержащие кристаллографическую линию; поверхности общего вида. В статье [2] отмечается, что данная классификация, включающая несоразмерные границы, охватывают весь спектр возможных границ, в частности, границы специального типа.

Существующие модели несоразмерных границ зерен позволяют рассчитать энергию границ зерен, объяснить явление межзеренного проскальзывания.

Миграцией границ зерна называют перемещение границы вдоль нормали к ее поверхности. Миграция границ зерен лежит в основе одного из важнейших технологических процессов — вторичной рекристаллизации, без нее невозможны прокатка, ковка, штамповка и практически любая технологическая деформационная обработка металлов.

Существующие модели применимы, в основном, к миграции границ зерен специального типа. Актуальной является разработка моделей миграции границ общего типа (с несоразмерной структурой), где нет решетки совпадающих узлов или есть решетка совпадающих узлов с малой объемной долей совпадающих узлов.

Важность данной разработки обусловлена следующими обстоятельствами:

- недостаточно разработаны модели строения границ общего типа;
- в последнее время в литературе стали уделять внимание зернограничным фазовым переходам и их кинетическим свойствам [3];
- широкое развитие получили технологии получения нанокристаллических материалов [4].

Относительно последнего пункта необходимо отметить, что актуальным является вопрос стабильности наноструктуры, что напрямую связано с миграцией границ, которая в большинстве подобных материалов является неравновесной. Одной из стадий термической обработки металлов является рекристаллизационный отжиг [5]. Для оптимизации параметров такого рода операций необходимо иметь адекватную модель процесса с учетом миграции неравновесных границ зерен в материале.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

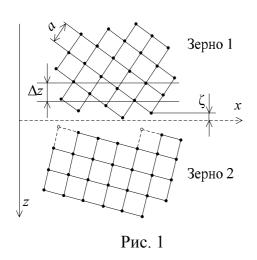
- 1. Даринский Б.М., Федоров Ю.А. // ФТТ. 1992. № 7. С. 746-761.
- 2. Даринский Б.М., Муштенко С.В., Сайко Д.С. // Конденсированные среды и межфазные границы. 1999. т. 1. № 1. С. 43-50.
 - 3. Страумал Б.Б. Фазовые переходы на границах зерен. М.: Наука, 2003. 327 с.
- 4. *Гусев А.И.* Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: ФИЗМАТЛИТ, $2005.-416~\mathrm{c}.$
- 5. Горелик С.С., Добаткин С.В., Капуткина Л.М. Рекристаллизация металлов и сплавов. М.: МИСИС, 2005. 432 с.

АТОМНАЯ МОДЕЛЬ МИГРАЦИИ МЕЖЗЕРЕННЫХ ГРАНИЦ В ДВУМЕРНОЙ СИСТЕМЕ

Поляков А.С. – ассистент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Кульков В.Г.** – д-р физ.-мат. наук, доцент

Миграция границ зерен лежит в основе одного из важнейших технологических процессов – рекристаллизационного отжига. Для оптимизации параметров данного процесса и получения качественных материалов необходимо иметь адекватную модель, учитывающую явления миграции границ общего типа. Процесс миграции границ зерен достаточно хорошо исследован для границ специального типа. Относительно границ общего типа это утверждение несправедливо. Данный факт связан с отсутствием универсальной модели строения этих границ.

В [1] предложена геометрическая классификация типов межкристаллитных границ. Исходя из этой классификации, большая доля границ общего типа может быть описана с привлечением понятия несоразмерности атомной структуры, возникающей в области границы. Основная идея заключается в том, что два сопрягающихся кристалла имеют в одном или двух направлениях контактирующих плоскостей несоизмеримые периоды решеток, отношение которых иррационально.



В работе рассматривается миграция границы, образованной двумя некристаллографическими плоскостями кристаллов, имеющими простую кубическую решетку с периодом *а* (рис. 1). Зерно 1 имеет «рыхлую» атомную структуру (индексы Миллера в обозначении плоскости не могут быть выражены рациональными числами). Зерно 2 (подложка) является вицинальной некристаллографической плоскостью. Введем дистанцию *z* – расстояние от узла решетки до плоскости границы.

Решается одномерная задача миграции границы зерен, то есть, описано диффузионное перемещение рядов атомов. Точки на рис. 1 являются следами атомных рядов.

В равновесном состоянии атомы зерен располагаются за пределами так называемой поверхности нулевой энергии потенциального рельефа подложки [2]. В случае возникновения термодинамической движущей силы миграции эта

поверхность смещается в направлении зерна с «рыхлой» поверхностью (рис. 2). Таким образом, граничные атомы зерна 1 обладают повышенной энергией, что обуславливает их диффузионное удаление к стокам, расположенным на вакантных ступеньках зерна 2. Поскольку распределение заполненных и вакантных рядов по дистанциям равномерное и оба кристалла имеют некристаллографическую граничную поверхность,

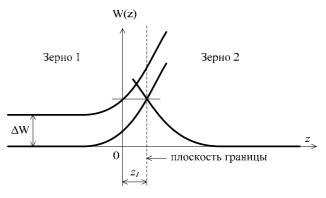


Рис. 2

возможно построить функции распределения по дистанциям атомов и вакансий зерен, которые в этом случае будут иметь один и тот же вид. Время релаксации находится как время перехода атомного ряда из верхнего зерна в нижнее, при этом эта величина считается постоянной.

В результате решения одномерной стационарной диффузионной задачи для атомных рядов, получено выражение для скорости миграции границы:

$$v = \frac{2D\delta C_0 (\Delta W)^2}{a\alpha kT},\tag{1}$$

где C_0 – равновесная концентрация вакансий в границе; δ – ширина границы; a – период граничной решетки, которую считаем простой кубической; D – коэффициент диффузии; ΔW – термодинамическая сила миграции; α – тангенс угла наклона функции W(z), которую считаем линейной.

Полученное выражение устанавливает параболическую зависимость скорости миграции границы v от величины термодинамической движущей силы $\mathcal{A}W$. Такая взаимосвязь обусловлена действием двух факторов. С одной стороны, количество атомов с повышенной энергией, которым необходимо удаляться с поверхности одного зерна и достраивать другое, определяется шириной области z_1 . Эта величина пропорциональна величине термодинамической силы. С другой стороны, средняя энергия таких атомов также пропорциональна термодинамической силе. Нелинейная зависимость скорости миграции от термодинамической движущей силы неоднократно наблюдалась в эксперименте [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Даринский Б.М., Федоров Ю.А. // ФТТ. 1992. Т. 34. № 7. С. 2053-3058.
- 2. Кульков В.Г. // Вестник МЭИ. 2005. № 5. С. 96-100.
- 3. Бокштейн Б.С., Копецкий Ч.В., Швиндлерман Л.С. Термодинамика и кинетика границ зерен в металлах. М.: Металлургия, 1986. 224 с.

АНАЛИЗ КРИВЫХ РАЗГОНА ГИДРОТУРБИНЫ

Шустов М.Ю. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Капля Е.В.* – канд. физ.-мат. наук, доцент

Старение гидроэнергетических сооружений и оборудования вызывает изменение технических характеристик гидроагрегатов. Основным показателем эффективности гидроагрегата является коэффициент полезного действия, который определяется в установившемся режиме работы гидроагрегата при номинальной частоте вращения. Процесс разгона гидротурбины тоже несёт в себе информацию о состоянии гидроагрегата. Расшифровать и извлечь эту информацию из экспериментальных кривых разгона гидротурбины позволяет следующий метод.

Динамика вращательного движения гидротурбины описывается дифференциальным уравнением

$$J\frac{d\omega(t)}{dt} = M_{\rm BP}(t) - M_{\rm C}(t),\tag{1}$$

где J — момент инерции вращающихся деталей гидроагрегата; $\omega(t)$ — угловая скорость вращения турбины, вала и ротора гидроагрегата; $M_{\rm BP}(t)$ — вращающий момент гидротурбины; $M_{\rm C}(t)$ — момент сил сопротивления гидроагрегата.

В общем случае вращающий момент $M_{\rm BP}(t)$ гидротурбины представляется полиномом степени m относительно расхода Y(t) воды, протекающей через турбину:

$$M_{\rm BP}(t) = k_m Y^m(t) + k_{m-1} Y^{m-1}(t) + \dots + k_2 Y^2(t) + k_1 Y(t). \tag{2}$$

Момент сил сопротивления $M_{\rm C}(t)$ вращающихся деталей гидроагрегата представим полиномом степени n относительно угловой скорости вращения:

$$M_{\rm C}(t) = \chi_n \, \omega^n(t) + \chi_{n-1} \, \omega^{n-1}(t) + \dots + \chi_2 \, \omega^2(t) + \chi_1 \, \omega(t), \tag{3}$$

где $\chi, \chi_2, ..., \chi_n$ – коэффициенты сопротивления гидроагрегата.

Экспериментальные кривые разгона получены на основе показаний тахометра гидроагрегата, который измеряет частоту вращения вала гидроагрегата $v_0, v_1, ..., v_p, ..., v_q$ в моменты времени $t_0, t_1, ..., t_p, ..., t_q$. Частота вращения связана с угловой скоростью

 $\omega(t) = 2\pi v(t).$

Дифференциальное уравнение (1) приводится к системе из (q-1) алгебраических нелинейных уравнений относительно k_1^* , k_2^* , ..., k_m^* и χ_1^* , χ_2^* , ..., χ_n^* :

$$\frac{\omega_{p+1} - \omega_{p-1}}{t_{p+1} - t_{p-1}} = \left[k_m^* Y_p^m + k_{m-1}^* Y_p^{m-1} + \dots + k_2^* Y_p^2 + k_1^* Y_p \right] - \left[\chi_n^* \omega_p^n + \chi_{n-1}^* \omega_p^{n-1} + \dots + \chi_2^* \omega_p^2 + \chi_1^* \omega_p \right],$$
(4)

где $k^* = k/J$; $\chi^* = \chi/J$; p = 1, 2, ..., (q-1).

Определить значения параметров $k_1^*, k_2^*, ..., k_m^*$ и $\chi_1^*, \chi_2^*, ..., \chi_n^*$ можно путём минимизации функции:

$$F\left(k_{1}^{*}, k_{2}^{*}, ..., k_{m}^{*}; \chi_{1}^{*}, \chi_{2}^{*}, ..., \chi_{n}^{*}\right) = \sum_{p=1}^{q-1} \left(\frac{\omega_{p+1} - \omega_{p-1}}{t_{p+1} - t_{p-1}} - \left[k_{m}^{*} Y_{p}^{m} + k_{m-1}^{*} Y_{p}^{m-1} + ... + k_{2}^{*} Y_{p}^{2} + k_{1}^{*} Y_{p}\right] + \left[\chi_{n}^{*} \omega_{p}^{n} + \chi_{n-1}^{*} \omega_{p}^{n-1} + ... + \chi_{2}^{*} \omega_{p}^{2} + \chi_{1}^{*} \omega_{p}\right]^{2}\right).$$

$$(5)$$

Каждому гидроагрегату свойственна собственная пара значений k_1^* и χ_1^* . В течение времени величина коэффициентов может изменяться. Сравнение значений коэффициентов k_1^* и χ_1^* , полученных на протяжении нескольких лет работы гидроагрегата, делает возможным на основе математического анализа оценить скорость износа оборудования. Определение скорости старения оборудования позволяет своевременно принять решение о его ремонте или замене.

СЕКЦИЯ № 2

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Председатель: *Шевчук В.П.* – д-р техн. наук, профессор Секретарь: *Коровина Е.В.* – инженер кафедры АТП

филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА КОТЛА ТГМ-84 ПЕРВЫМ ВПРЫСКОМ

Aкульшин B.B. — студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. Аверочкин C.B. — инженер по автоматизации

Одно из основных направлений повышения коэффициента полезного действия теплоэнергетического оборудования — это автоматизация технологических процессов.

Одним из важнейших параметров, определяющих экономичность работы паровой турбины и всей электростанции в целом, является температура перегретого пара на выходе парогенератора. Поэтому регулирование температуры пара является одной из важнейших задач автоматизации электростанций.

Целью настоящей работы является исследование системы автоматического регулирования температуры перегретого пара котла ТГМ-84 Волжской ТЭЦ-1. Регулирование температуры пара производится посредством впрыска собственного конденсата, который предназначен для поддержания заданного значения температуры на выходе из котла. Также обеспечивается оптимальное снижение температуры пара по тракту для предохранения поверхностей нагрева от чрезмерного повышения температуры при изменении нагрузки котла или нарушении нормального режима работы (изменении положения факела, шлаковании и т. д.).

Для достижения поставленной цели были рассмотрены конструктивные особенности и принцип действия теплоэнергетического оборудования, необходимого для реализации регулирования температуры пара выбранным методом (впрыском). В работе проделаны расчеты параметров настройки регуляторов САР, а также приведены результаты математического моделирования этой системы.

САР перегретого пара первым впрыском состоит из стабилизирующего одноимпульсного ПИ-регулятора, поддерживающего температуру пара непосредственно за впрыском I, и корректирующего ПИ-регулятора, поддерживающего заданную разность температур пара до и после пароохладителя.

Математическая модель САР перегретого пара построена на основе экспериментальных данных. В результате моделирования получены переходные

характеристики, из которых видно, что при найденных параметрах настройки регуляторов температура пара за первым впрыском, за ШПП-1 значительно колеблется. С целью устранения этого недостатка производится расчет параметров настройки корректирующего регулятора первого впрыска.

В результате расчетов были получены параметры настройки регуляторов, позволившие улучшить качество регулирования. Также эти настройки являются универсальными и могут быть использованы для любых объектов и регуляторов со схожей структурой.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ВИБРОКЛАССИФИКАТОРА ТИПА ВДК

Байдакова Т.А. – студентка ВИСТеха (филиала) ВолгГАСУ Науч. рук. **Байдакова Н.В.** – канд. техн. наук, доцент

В настоящее время накоплен обширный теоретический и экспериментальный материал, на базе которого предприняты попытки формирования научных основ процесса виброклассификации абразивных частиц по размеру и по форме.

Уровень развития вычислительной техники и средств прикладного программного обеспечения позволяет широко использовать математическое моделирование в научно-исследовательских и практических задачах.

Работа посвящена созданию основ системы автоматизированного проектирования процесса виброклассификации абразивных материалов сухим бесситовым способом на виброклассификаторах типа ВДК и является решением одной из задач — выбора номеров ячеек с заданным повышенным процентом основной фракции, зерновой состав которых соответствует ГОСТ 3647-80. Предложенная автоматизированная система (АС) опирается на математическую модель распределения частиц фракций по периметру деки. Она дает возможность для технолога на стадии проектирования и в процессе эксплуатации бесситового процесса классификации шлифматериалов обоснованно прогнозировать и определять номера ячеек (координаты периметра деки) для получения номеров зернистости требуемого зернового состава и корректировать процесс в зависимости от зернового состава исходного материала, позволяя избежать длительного и дорогостоящего экспериментального определения необходимых номеров ячеек.

В результате проделанной значительной экспериментальной работы сформирована и расширена база данных в виде электронных таблиц, отражающая результаты классификации абразивных материалов на ВДК.

Основной алгоритм выбора номеров ячеек показан на рис. 1. Предлагаемый алгоритм состоит из четырех основных частей. Первая часть алгоритма отвечает за ввод исходных данных: соотношения фракций в исходном материале в процентах. Во второй части рассчитывается содержание материала каждой фракции в приемных ячейках. Четвертая часть алгоритма отвечает за поиск приемных

ячеек с суммарным содержанием, соответствующим требуемому, и одновременную проверку получаемых результатов на соответствие ГОСТ 3647-80. Выводится несколько рекомендаций для получения более точного результата и возможности регулировки процесса в промышленных условиях.

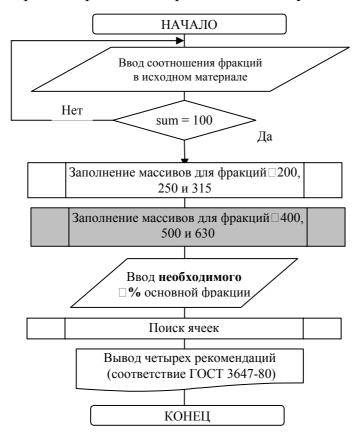


Рис. 1. Алгоритм выбора номеров ячеек

Программа написана на языке C и скомпилирована в среде $Borland\ C++$ под операционную систему Windows любой версии и может служить основой для создания системы автоматизированного управления процессом виброклассификации.

ВЫБОР ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СБОРОЧНОГО СТАНКА

Бурцев А.Г. – студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ

Науч. рук. *Иванов Л.Б.* – канд. техн. наук, доцент

Станок НО 579 предназначен для навивки спирали из стальной проволоки и х/б шнура на заготовку резинового рукава с заданным шагом. Электропривод станка осуществляется от двух трёхфазных асинхронных двигателей с редукторами. Первый двигатель вращает дорн, на котором находится заготовка

рукава, а второй перемещает каретку, на которой располагается барабан с проволокой или шнуром, вдоль дорна.

Регулирование скорости электродвигателей осуществляется частотным способом по системе *частотный преобразователь* — *асинхронный двигатель*. Система частотного управления электроприводами станка должна обеспечить выполнение следующих технологических требований: регулирование частоты вращения электродвигателя дорна при постоянном статическом моменте сопротивления в диапазоне 20:1; регулирование частоты вращения электродвигателя каретки при постоянном статическом моменте сопротивления в рабочем режиме сборки с заданным шагом в диапазоне 87,5:1; статическая точность стабилизации частоты вращения не более $\pm 2,8$ %; перерегулирование при отработке скачка задания частоты и момента сопротивления не более 5%. Частотное управление электродвигателями может осуществляться двумя основными способами: по функциональной характеристике, связывающей напряжение и частоту статора электродвигателя (u/f-характеристике) — скалярное управление; векторное управление.

По результатам анализа литературных источников и руководств по эксплуатации преобразователей частоты получены следующие данные, которые приведены в таблице.

ны в таолице. Таблица Режимы управления и их характеристики

| Режим | Диапазон | Статическая точность, % |
|--------------------------------|----------|-------------------------|
| Скалярный без датчика скорости | (8-10):1 | 2-3 |
| Скалярный с датчиком скорости | 100 : 1 | 0,1 |
| Векторный без датчика скорости | 50 : 1 | 0,2 |
| Векторный с датчиком скорости | 1000:1 | 0,001 |

Экспериментальная проверка возможности применения асинхронного электропривода с частотным регулированием частоты вращения выполнена на установке, содержащей асинхронный двигатель АИР 80 A4, 1,1 кВт, 1420 об/мин, КПД 77 %, $\cos \varphi = 0.80$, $\lambda = 2.6$, номинальный ток при 380B - 2.7 A; преобразователь частоты Micromaster 440 6SE6440-2UD21-5AA1 и нагрузочный генератор постоянного тока Π -21 с независимым возбуждением.

В результате экспериментального исследования получены графики механических характеристик при частотах тока в статоре 10, 25, 50 и 75 Гц для четырёх законов регулирования напряжения: линейного u/f-регулирования; линейного u/f-регулирования с контролем потокосцепления (с IR-компенсацией); квадратичного u/f-регулирования при малом моменте трогания; безсенсорного векторного регулирования частоты вращения. При получении механических характеристик при u/f-регулировании исследовано влияние на жёсткость характеристик степени компенсации скольжения.

По экспериментальным данным рассчитаны диапазон регулирования, скольжение, статическая точность при изменении момента сопротивления на валу электродвигателя в пределах $\pm 0.1~{\rm M}_{\rm C}$. Экспериментальные исследования показали: для управления электроприводом дорна может быть предложено скалярное u/f-регулирование с IR-компенсацией и компенсацией скольжения или векторное управление без датчика скорости; для управления электроприводом каретки целесообразно применить скалярное u/f-регулирование с датчиком скорости; при некотором снижении диапазона регулирования (до 50:1) за счёт введения в кинематическую цепь дополнительной ступени редуктора возможно использовать скалярное u/f-управление с IR-компенсацией и компенсацией скольжения или векторное управление без датчика скорости.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕКТИФИКАЦИИ В УКРЕПЛЯЮЩЕЙ ЧАСТИ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

Ванина Е.А. – студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Агринская С.А.** – ассистентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

В настоящее время для решения задачи оптимального управления непрерывными технологическими процессами используются простые алгоритмы с одной обратной связью, в которую включено управляющее устройство, реализующее один из типовых законов управления. Иногда этого достаточно для эффективного функционирования процесса и системы управления этим процессом. Но повышение требований к качеству готовой продукции, а также снижение материальных и энергетических затрат на ее производство делают актуальной задачу разработки алгоритмов управления, обладающих более сложной структурой.

В данной работе рассматривается процесс очистки метил-трет-бутилового эфира (далее МТБЭ) от примеси изобутана. Особенностью этого производства является сложность протекающих химических реакций, высокая чувствительность к отклонениям от заданного режима, наличие большого числа точек контроля и управления процессом, а также необходимость мгновенного и соответствующего сложившейся в данный момент обстановке воздействия на процесс.

Так как ректификационная колонна состоит из исчерпывающей и укрепляющей частей, то оптимальная работа всей колонны зависит от оптимальной работы каждой из частей.

Укрепляющая часть ректификационной установки, как объект управления, представляет собой сложную динамическую систему с большим количеством взаимосвязанных входных и выходных величин.

Изменение состава исходной смеси (концентрации питания) является основным возмущающим фактором, отрицательно влияющим на качество процесса ректификации, и стабилизации не подлежит.

Состав паровой и жидкой фаз на каждой тарелке зависит от температуры и давления. Если давление стабилизировать, то зависимость между температурой и составом будет однозначной.

Таким образом, поддержание строго определенного температурного режима по высоте колонны приведет к оптимальной работе всей ректификационной установки.

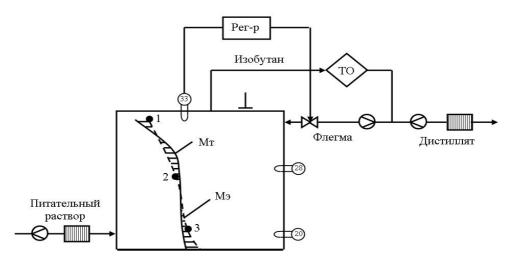


Рис. 1. Изменение температуры по высоте верха ректификационной колонны

На рис. 1 приведены теоретическая $M_{\rm T}$ и экспериментальная $M_{\rm 9}$ кривые изменения температуры по высоте куба колонны. Кривая $M_{\rm T}$ строится на основе полученной математической модели процесса ректификации, а кривая $M_{\rm 9}$ — на основе данных, полученных от датчиков температур, установленных на тридцать третьей, двадцать восьмой и двадцатой тарелках.

Работа укрепляющей части колонны зависит от состава (концентрации) дистиллята и характеризуется коэффициентом $\eta_{\text{укреп}}$, который определяется по следующей формуле:

$$\eta_{\text{ykpen}} = \frac{\left(C_{\text{дист}}\right)_{9}}{\left(C_{\text{пист}}\right)_{T}},$$

где $(C_{\text{дист}})_3$ — экспериментальная концентрация дистиллята, полученная путем измерения; $(C_{\text{дист}})_{\text{T}}$ — теоретическая концентрация дистиллята, полученная путем вычисления по математической модели процесса ректификации.

В результате исследования существующего алгоритма управления процессом ректификации в укрепляющей части ректификационной колонны была предложена структурная схема алгоритма регулирования подачи флегмы с коррекцией по температуре верха колонны и компенсацией возмущения (концентрации питания).

Основываясь на результатах расчетов, сделан вывод, что внедрение в производство разработанной системы регулирования позволит повысить качество разделения исходной смеси (содержание примесей в МТБЭ не более 0,9 процента).

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕКТИФИКАЦИИ В КУБЕ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

Власова О.С. – студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Агринская С.А.** – ассистентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

В настоящее время для решения задачи оптимального управления непрерывными технологическими процессами используются простые алгоритмы с одной обратной связью, в которую включено управляющее устройство, реализующее один из типовых законов управления. Иногда этого достаточно для эффективного функционирования процесса и системы управления этим процессом. Но повышение требований к качеству готовой продукции, а также снижение материальных и энергетических затрат на ее производство, делает актуальной задачу разработки алгоритмов управления, обладающих более сложной структурой.

В данной работе рассматривается процесс очистки метил-трет-бутилового эфира (далее МТБЭ) от примеси изобутана. Особенностью этого производства является сложность протекающих химических реакций, высокая чувствительность к отклонениям от заданного режима, наличие большого числа точек контроля и управления процессом, а также необходимость мгновенного и соответствующего сложившейся в данный момент обстановке воздействия на процесс.

Так как ректификационная колонна состоит из исчерпывающей (или куба колонны) и укрепляющей частей, то оптимальная работа всей колонны зависит от оптимальной работы каждой из частей.

Куб ректификационной установки, как объект управления, представляет собой сложную динамическую систему с большим количеством взаимосвязанных входных и выходных величин.

Изменение состава исходной смеси (концентрация питания) является основным возмущающим фактором, отрицательно влияющим на качество процесса ректификации, и стабилизации не подлежит.

Состав паровой и жидкой фаз на каждой тарелке зависит от температуры и давления. Если давление стабилизировать, то зависимость между температурой и составом будет однозначной.

Таким образом, поддержание строго определенного температурного режима по высоте колонны приведет к оптимальной работе всей ректификационной установки.

На рис. 1 приведены теоретическая $M_{\rm T}$ и экспериментальная $M_{\rm Э}$ кривые изменения температуры по высоте куба колонны. Кривая $M_{\rm T}$ строится на основе полученной математической модели процесса ректификации, а кривая $M_{\rm Э}$ — на основе данных, полученных от датчиков температур, установленных на первой, десятой и двадцатой тарелках.

Работа исчерпывающей части колонны зависит от состава (концентрации) кубового остатка и характеризуется коэффициентом $\eta_{\text{исчерп}}$, который определяется по следующей формуле:

$$\eta_{\text{исчерп}} = \frac{\left(C_{\text{к.o}}\right)_{\Im}}{\left(C_{\text{к.o}}\right)_{\Tau}},$$

где $(C_{\kappa,o})_{\mathfrak{I}}$ — экспериментальная концентрация кубового остатка, полученная путем измерения; $(C_{\kappa,o})_{\mathsf{T}}$ — теоретическая концентрация кубового остатка, полученная путем вычисления по математической модели процесса ректификации.

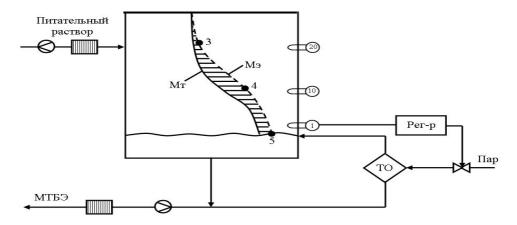


Рис. 1. Изменение температуры по высоте куба ректификационной колонны

В результате исследования существующего алгоритма управления процессом ректификации в кубе ректификационной колонны была предложена структурная схема алгоритма регулирования подачи перегретого пара с коррекцией по температуре куба колонны и компенсацией возмущения (концентрации питания).

Основываясь на результатах расчетов, сделан вывод, что внедрение в производство разработанной системы регулирования позволит повысить качество разделения исходной смеси (содержание примесей в МТБЭ не более 0,9 процента).

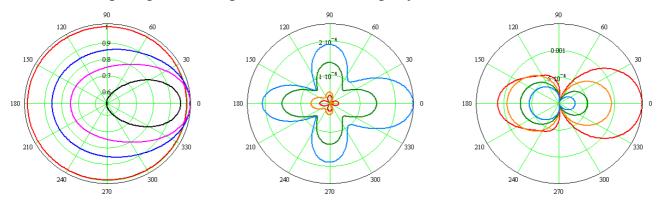
РАССЕЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН НА ШАРООБРАЗНЫХ ДЕФЕКТАХ

Водопьянов А.А. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Капля Е.В.** – канд. физ.-мат. наук, доцент

Ультразвуковая дефектоскопия является признанным методом диагностики и контроля материалов. Существует несколько вариантов акустической дефектоскопии, которые могут применяться в различных комбинациях. Контроль эхометодом ведётся при одностороннем доступе к изделию путём сканирования его поверхности искателем с заданной скоростью и шагом при оптимальном

угле ввода ультразвуковых волн с частотой 0.5-25 МГц. Теневой метод предусматривает ввод ультразвуковых волн с одной стороны изделия, а приём — с противоположной. О наличии дефекта судят по уменьшению амплитуды в зоне звуковой тени, образующейся за дефектом, либо по изменению фазы или времени приёма сигнала, огибающего дефект.

Математическое моделирование процесса рассеяния ультразвуковых волн основано на решении волнового уравнения с соответствующими граничными и начальными условиями. Типичные диаграммы рассеяния плоской ультразвуковой волны на шарообразном дефекте показаны на рисунке.



Результаты моделирования позволяют оценить эффективность применения теневого метода и выбрать оптимальный угол обнаружения дефекта при использовании эхо-метода.

ВЫБОР МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФИЛЬТРАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Кириллов Д.А. – студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ Науч. рук. *Свиридова О.В.* – канд. техн. наук, доцент

та прородится исспедорание методор фильтрании динами

В данной работе проводится исследование методов фильтрации динамической погрешности в системах управления. Цель работы — выбор оптимального программного фильтра для систем управления технологическими процессами. Результатом работы является разработка алгоритма для определения оптимальных параметров фильтра.

Современные информационно-измерительные комплексы, включающие в свой состав сложную вычислительную технику, позволяют существенно расширить измерительные возможности и повысить точность измерений.

Проведение измерений в научных экспериментах во многих современных технологических процессах предъявляет повышенные требования к точности получаемых результатов.

К алгоритмам динамической обработки информации относятся, в частности, алгоритмы фильтрации сигналов с целью устранения помех (noise).

Поскольку в канале обработки информации содержится фильтр, реализуемый программно, то проблема синтеза оптимальных программных фильтров является актуальной.

В работе были рассмотрены основные схемы и виды преобразований сигналов, задачи первичной обработки сигналов и модели программных фильтров.

Для реализации, из рассмотренных выше программных фильтров, выбран экспоненциальный фильтр, так как к достоинствам реализации этого алгоритма относятся малая трудоемкость расчетов и малый объем памяти УВМ, в которой должна храниться величина y и обновляемая в каждом цикле расчета величина y(i-1). Также математическая модель экспоненциального фильтра соответствует математической модели апериодического звена, а вид переходного процесса апериодического звена сопоставим с видом большинства технологических процессов.

Для исследования характеристик экспоненциального фильтра необходимо определить его оптимальную динамическую характеристику $h_{\kappa}(t)$. В результате математических вычислений дискретное представление математической модели можно записать в виде матричного уравнения.

Таким образом, задача синтеза фильтра сводится к классической задаче нелинейного программирования, то есть к задаче поиска минимума дисперсии динамической погрешности.

СИСТЕМА СВЯЗИ КОНТРОЛЛЕРА С ЭВМ

Крячко С.В. – студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ Науч. рук. *Капля В.И.* – канд. техн. наук, доцент

Целью работы является разработка системы связи контроллера с ЭВМ. Основой системы является программатор контроллеров серии PIC16Fxxx и PIC18Fxxx. Связь осуществляется по существующей линии между программатором и компьютером.

Программатор доработан путем введения в его электрическую схему переключателя режимов «Программирование» — «Работа». Доработка позволила совместить в одном устройстве функции программатора и автономного микроконтроллерного устройства управления шаговыми двигателями. Система связи контроллера с ЭВМ позволяет пользователю непосредственно управлять двигателями, то есть писать программы управления на языках высокого уровня.

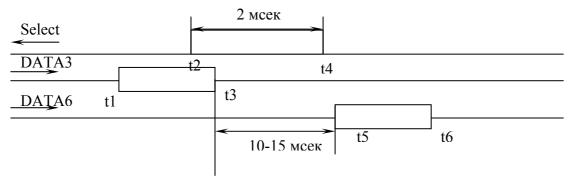
Макет системы реализован на микроконтроллере PIC16F84A, которая управляет электронными драйверами LS589D. Логические входы драйверов объединены и подключены к одним и тем же линиям порта «А» контроллера. Управляющие входы EN подключены к разным линиям порта «В», что обеспечивает независимость их работы. Шаговые двигатели подключены непосредственно к электронным драйверам.

Программное обеспечение выполнено в среде разработки Delphi 7 с использованием драйвера LPT-порта. Интерфейс программы представляет собой окно, в котором необходимо выбрать количество тактов поворота двигателя и направление поворота (по часовой или против часовой стрелки). За каждый такт поворота двигатель поворачивается на 15 градусов. Поворот двигателя совершается за счёт поочерёдного включения его катушек. Для этого микроконтроллер генерирует специальные управляющие сигналы.

Программа компьютера формирует в соответствии с установками пользователя управляющие сигналы, которые посылаются в контроллер через LPT-порт. Полученные сигналы микроконтроллер обрабатывает и посылает соответствующие сигналы драйверам двигателя. После чего контроллер посылает ответный сигнал компьютеру о том, что готов для выполнения следующих операций. Получив ответ от контроллера, компьютер генерирует и посылает в порт следующий сигнал.

Цикл передачи информации в микроконтроллер имеет следующие стадии:

- 1) компьютер посылает единичный сигнал по линии выхода порта LPT. Сигнал длится до тех пор, пока не будет получен ответный сигнал по линии входа Select;
- 2) при получении сигнала контроллер переключает линии порта «В» в режим записи и посылает компьютеру ответный сигнал;
- 3) после того, как компьютер получил ответ, он ждёт 10-15 миллисекунд перед передачей следующего сигнала. Объясняется это тем, что контроллер не имеет обратной связи с двигателем и не знает, успел ли двигатель совершить поворот.



Система реализована в виде макета, работа которого опробована.

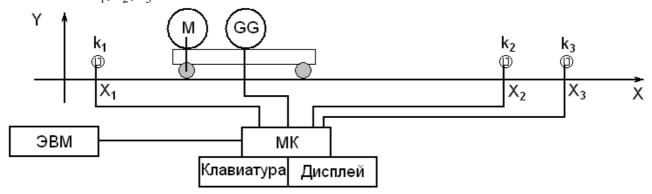
ИССЛЕДОВАНИЕ МАКЕТА МОДЕЛИ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Лепешинский А.С. – студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ Науч. рук. *Капля В.И.* – канд. техн. наук, доцент

Основной задачей работы является исследование процесса перемещения объекта из начального в конечное положение с заданной точностью. Моделирование данного процесса и анализ данных, полученных в результате эксперимента, позволяют оценить технические характеристики объекта.

Общепромышленные механизмы циклического действия характеризуются режимом работы, при котором технологический процесс состоит из ряда повторяющихся однотипных циклов, каждый из которых представляет собой законченную операцию загрузки рабочего органа, перемещения его из исходной точки в пункт назначения и разгрузки. Рабочий процесс таких установок состоит из перемещений рабочего органа машины по требуемым пространственным траекториям, остановки его в любой требуемой точке обслуживаемого пространства и производства манипуляций рабочим органом, предусмотренных конкретной технологией. В настоящее время все большую актуальность приобретает проблема создания подвижных объектов различного назначения, способных автономно или с минимальным участием человека функционировать в условиях естественной или экстремальной среды и эффективно решать поставленные задачи.

Управление макетом подвижного объекта осуществляется микроконтроллером. Задаваемыми параметрами являются направление перемещения, время движения объекта и длительность остановки. Контролируемыми параметрами являются ускорение, которое измеряется с помощью датчика ускорения, а также моменты прибытия объекта в точки X_1, X_2, X_3 , регистрируемые с помощью контактов k_1, k_2, k_3 .



Математическая модель макета образуется из соотношений, определяющих характеристики двигателя, кинематику и динамику объекта, а также топологию траектории движения. В первую очередь, к таким соотношениям следует отнести электрическую характеристику двигателя

$$\omega = \frac{U_{\text{g}}}{k\Phi} - \frac{R_{\text{g}}I_{\text{g}}}{k\Phi}.$$

Скорость объекта в момент времени t определяется по формуле

$$v(t) = \int_{t_0}^t a(\tau) d\tau.$$

Полный путь объекта вычисляется по формуле

$$s(t) = \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau.$$

Приведенные соотношения позволяют определить оптимальную длительность непрерывной работы мотора, обеспечивающую точную остановку объекта, при которой замкнется контакт k_2 и останется разомкнутым контакт k_3 .

Теоретическое и экспериментальное исследование данной модели позволяет разрабатывать адаптивные алгоритмы управления объектом, то есть производить качественный синтез алгоритма управления по имеющимся данным о параметрах движения. Предложенный макет позволяет экспериментально проверять различные алгоритмы управления и уточнять параметры элементов подвижного объекта управления.

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВИДЕОКАМЕР В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ РЫБ БАССЕЙНОВОГО СОДЕРЖАНИЯ

Максин В.В. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Капля Е.В.* – канд. физ.-мат. наук, доцент

В настоящее время для поддержания речной фауны и сохранения некоторых пород рыб были созданы ремонтно-маточные стада бассейнового содержания. Так, например, на Волжской ГЭС было создано ремонтно-маточное стадо осетровых.

Для поддержания рыбы в условиях, приближенных к естественным, необходимо четко ограничивать рыбу в приеме пищи, так как нехватка или избыток пищи может вести к гибели рыбы. Подача пищи в бассейн нормируется в соответствии с весом и возрастом рыбы по экспоненциальной кривой. Возраст рыбы можно определить с момента её рождения, а вот вес можно узнать либо непосредственным взвешиванием, либо по её длине, для чего необходимо вытащить рыбу на поверхность и замерить её. Это просто сделать, когда рыба небольших размеров, но когда рыба в возрасте 5-7 лет, то её размеры более метра, и замерить рыбу, не повредив её, практически невозможно. Для этого по экспериментальным данным была разработана система мониторинга.

Данная система представляла собой две видеокамеры (вебкамеры), которые располагались на штативе и настраивались в течение некоторого времени с непосредственным участием человека. Но это нерациональное использование человеческого времени.

Разработка прибора заключается в том, что оператор будет находиться за рабочим пультом и при необходимости в очередной раз произвести контроль ему просто нужно будет нажать на соответствующую клавишу, обозначающую конкретный бассейн, и устройство самостоятельно будет передвигаться до заданного места, автоматически будут проводиться необходимые работы. После проведения работ установкой результаты будут отправлены на персональный компьютер (ПК), и далее установка будет возвращена в первоначальное положение.

Далее оператору необходимо будет вручную выбрать изображение наилучшего качества и, пропустив через программное обеспечение, получить результаты замеров по весу одной рыбы и весу всего бассейна в целом.

Цель работы по перемещению заключается в точном позиционировании устройства, удержании его на заданном месте и после выполнения работ возвращении на первоначальное положение.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА П-103 СОЧИНСКОЙ ТЭС

Родикова А.Ю. – студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Шевчук В.П.* – д-р техн. наук, профессор

Для достижения основной цели проекта, а именно разработки виртуального прибора определения эффективности работы паротурбинной установки Сочинской ТЭС Т-10/11-5,2 производства Калужского турбинного завода, необходимо создать математическую модель данного объекта. Модель создается на основе дифференциальных уравнений, так как они являются основным математическим аппаратом линейных детермированных систем. Так как аналитическое решение дифференциального уравнения в общем случае является трудоемкой задачей, то в современной теории управления широко используются средства описания динамических свойств системы через преобразование Лапласа, что удобнее для практического применения. Это позволяет получить передаточные функции искомых объектов. Кроме того, запись дифференциальных уравнений звеньев системы в операторной форме дает возможность ввести удобное понятие передаточной функции, характеризующее звено системы.

В процессе создания этой модели были проанализированы экспериментальные данные основных параметров, характеризующих этот объект в период с момента пуска энергоблока до момента полной загрузки технологического оборудования, а также получены передаточные функции объекта.

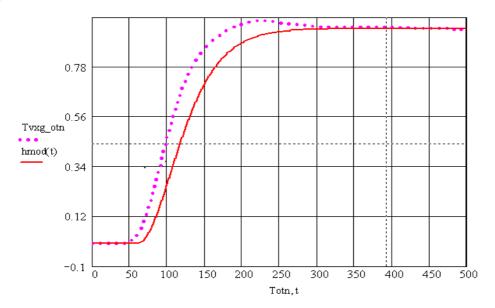
Формулы

Общий вид передаточной функции апериодического звена n-го порядка с запаздыванием

$$W(p) = \frac{Knov}{(Tnov \cdot p + 1)^n} \cdot e^{-\tau nov \cdot p}$$

Передаточная функция объекта

$$W_{\bm{o}\bm{y}}\left(p\right) := \frac{0.95}{\left(24.36035 \cdot p + 1\right)^{2}} \cdot e^{-55.2793 \cdot p}$$



Графики изменения основных параметров

График зависимости температуры входящих газов от времени

С помощью передаточных функций расчет САУ еще более упрощается и становится доступен широкому кругу инженеров, не требуя применения сложного математического аппарата.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО БЛОКА ДИНАМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

 $extit{Caвченко C.Г.} - ext{студент}$ филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. $extit{Шамигулов П.В.} - ext{канд. техн. наук, доцент}$

Целью работы является разработка прибора, способного осуществлять динамические преобразования сигнала, подаваемого на его вход. Данный цифровой блок проектируется на основе микроконтроллера PIC16F877 с использованием микросхемы цифро-аналогового преобразователя, жидкокристаллического дисплея и матричной клавиатуры.

Основными функциями прибора являются:

- 1. Реализация динамических преобразований сигнала, поступающего на вход универсального цифрового блока. Прибор должен осуществлять цифровую реализацию типовых динамических звеньев, таких, как реальное дифференцирующее звено, апериодическое звено первого порядка, а также фильтров второго и четвертого порядков высоких и низких частот и фильтра Чебышева.
- 2. Возможность изменения величин коэффициентов передачи и постоянных времени во время работы прибора. Данная возможность осуществляется посредством задания значений коэффициентов передачи и постоянных времени

с помощью матричной клавиатуры и вывода информации о вводимых данных на жидкокристаллическом дисплее.

3. Осуществление наглядного отображения модифицированного сигнала. Формирование входного сигнала и отображение преобразованного реализуется с помощью осциллографа.

Исследование универсального цифрового блока динамических преобразований состоит в сравнении теоретических выходных сигналов с сигналами, полученными с помощью прибора, с целью выяснения его погрешности и качества работы.

Практическая ценность работы состоит в том, что данный прибор экономически более выгоден по сравнению с аналогичными промышленными образцами, хотя и уступает в функциональности и классе точности, который в первую очередь определяется характеристиками применяемого микроконтроллера.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ КОТЛА ТПП-210

Терлянский А.В. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Мокичева Ю.В.* – ассистентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

Целью работы являлось сравнение теоретических и экспериментальных моделей на примере пароперегревателя котла ТПП-210.

При разработке аналитических моделей неизбежно применяются те или иные допущения, приводящие к появлению погрешностей модели. Единственной возможностью проверки допустимости принятых упрощений является сопоставление характеристик полученной модели с экспериментальными характеристиками реального промышленного объекта.

В работе приведены результаты построения и расчета линейных аналитических моделей с распределенными параметрами применительно к системе регулирования температуры острого пара прямоточного котла ТПП-210. В состав моделируемого объекта входят: впрыскивающий пароохладитель ПО, распределенный коллектор пара К1, прямоточный конвективный пароперегреватель ПП, сборный коллектор К2 и термопары ТП1 и ТП2 (рис. 1).

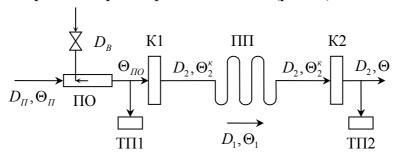


Рис. 1. Схема выходного впрыска котла

Сигнальный граф линейной модели объекта показан на рис. 2.

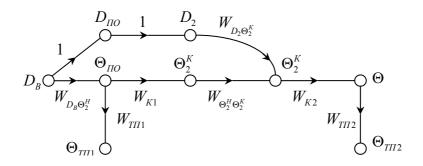


Рис. 2. Сигнальный граф модели

В соответствии с сигнальным графом общие выражения для передаточных функций объекта:

- по каналу «расход воды на впрыск - температура пара за пароохладителем

$$W_{D_R\Theta_{TII1}}(p) = W_{D_R\Theta_{TIO}}(p)W_{TII1}(p);$$

 – по каналу «расход воды на впрыск – температура пара за пароперегревателем»

$$W_{D_B\Theta_{TII2}}(p) = [W_{D_B\Theta_{IIO}}(p)W_{K1}(p)W_{\Theta_2^H\Theta_2^K}(p) + W_{D_2\Theta_2^K}(p)]W_{K2}(p)W_{TII2}(p).$$

Основополагающей для нахождения составляющих передаточных функций является, как и в большинстве случаев, система уравнений в частных производных закона сохранения энергии и в частности обыкновенное дифференциальное уравнение теплопроводности для металла труб:

$$\begin{cases} M_{1}c_{1}\frac{\partial\Theta_{1}}{\partial t}+D_{1}c_{1}\frac{\partial\Theta_{1}}{\partial z}=-\alpha_{1}H(\Theta_{1}-\vartheta);\\ \rho_{M}c_{M}\delta\cdot\frac{\partial\vartheta}{\partial t}=\alpha_{1}(\Theta_{1}-\vartheta)-\alpha_{2}^{\Im KB}(\vartheta-\Theta_{2});\\ M_{2}c_{2}\frac{\partial\Theta_{2}}{\partial t}+D_{2}c_{2}\frac{\partial\Theta_{2}}{\partial z}=\alpha_{2}^{\Im KB}H(\vartheta-\Theta_{2}). \end{cases}$$

В результате решения данной системы уравнений получена передаточная функция объекта управления

$$W(p) = \frac{1}{(24p+1)(20p+1)}.$$

Переходная характеристика приведена на рис. 3 (сплошная кривая), там же отмечены точки экспериментальной переходной характеристики. Из сопоставления результатов видно, что аналитическая распределенная модель вполне адекватно отражает реальные физические процессы в пароперегревателе котла.

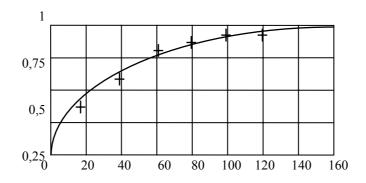


Рис. 3. Теоретическая (сплошная линия) и экспериментальная переходные характеристики для температуры острого пара

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Уланов В.А. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. Уланов А.Г. – инженер гр. автоматики ЭТЛ ОАО «Волжская ГЭС»

Развитие энергетики постоянно требует решения комплекса теоретических и практических задач, среди которых важное место занимает проблема исследования и разработки средств повышения пропускной способности линий. Эти исследования явились важным вкладом в теорию и практику устойчивости электрических систем.

Одним из главных результатов этих исследований стало внедрение на электростанциях бывшего СССР «сильного регулирования» возбуждения синхронных генераторов, которое при минимальных капитальных затратах обеспечивает работоспособность генераторов как обычного, так и нетрадиционного исполнения, решает вопросы повышения устойчивости и надежности процесса передачи электроэнергии, а также распределения реактивной мощности и минимизации потерь в сетях.

Развитие «сильного регулирования» возбуждения в России началось с регуляторов на магнитных усилителях. Было создано несколько модификаций, на основе опыта эксплуатации которых был разработан унифицированный регулятор АРВ-СД. Этим регулятором были оснащены сотни генераторов. До сих пор в эксплуатации находится достаточно много образцов, хотя выпуск его давно прекращён.

Для того чтобы обеспечить выполнение современных требований к точности поддержания напряжения, требуются значения коэффициента усиления по напряжению порядка $150 \div 250$ е.в.н./е.н. Однако при таких значениях коэффициента K_{oU} во всём частотном диапазоне регулирования неминуемо возникает колебательная неустойчивость. Даже увеличение коэффициентов усиления по производным режимных параметров не может справиться с этим.

Теоретические исследования, опыт эксплуатации APB-СД позволили разрешить противоречие между необходимостью увеличения K_{oU} и обеспечением устойчивости за счёт параметрической адаптации канала регулирования напряжения к частоте колебаний генератора. В установившихся режимах (на нулевой частоте) K_{oU} может быть большим (вплоть до бесконечности), а при появлении колебаний он должен снижаться до значения $5 \div 15$ е.в.н./е.н. То есть необходимо пропорционально-дифференциальный закон регулирования заменить пропорционально-интегрально-дифференциальным.

ПИД-закон регулирования напряжения позволяет повысить точность регулирования и одновременно обеспечивает более высокий уровень колебательной устойчивости САУВ при значительно меньших значениях коэффициентов каналов регулирования по отклонению и производной частоты напряжения по сравнению с АРВ-СД, АРВ-СДП.

Целью работы являлась разработка автоматического регулятора напряжения САУВ синхронных машин на базе микроконтроллера Motorola MC 68376.

Внедрение цифрового управления в системах возбуждения не просто дань моде. Цифровые системы позволяют получить значительные преимущества над аналоговыми системами. Главными среди этих преимуществ являются:

- расширенные функциональные возможности, позволяющие реализовывать более сложные и совершенные алгоритмы управления;
- высокая точность реализации заданных характеристик и высокая стабильность статических и динамических характеристик обеспечили совершенно новые функции ограничения, позволяющие генератору работать ближе к его конструктивным пределам;
- возможность реализации внутреннего самоконтроля и диагностики, формирования массивов аварийной информации, существенно повышающие надежность системы в целом и сокращающие время поиска неисправностей.

Основные функции, выполняемые автоматическим регулятором возбуждения, объединяются в следующие группы:

- основные функции регулирования возбуждения и ограничения режимных параметров СВ и генератора;
 - технологические функции;
 - управление тиристорными преобразователями;
 - контроль аппаратуры канала и диагностика отказов;
 - сервисные функции.

Функции регулирования возбуждения

Основным назначением регулятора является поддержание напряжения на шинах электростанции в соответствии с заданной уставкой, заданной точностью и статизмом по реактивному току статора. Применен ПИД-закон регулирования напряжения. Поэтому при установившемся режиме напряжение в заданной точке регулирования поддерживается неизменным (астатически), равным заданной уставке. При работе в режиме автоматического регулирования возбуждения

для поддержания напряжения при различных ситуациях в энергосистеме регулятор может изменять ток ротора в широком диапазоне.

Технологические функции

К технологическим функциям относятся процессы, происходящие при команде оператора либо при действии автоматики:

- возбуждение и гашение поля;
- подгонка напряжения генератора к напряжению сети перед включением генератора в сеть методом точной синхронизации;
- разгрузка генератора по реактивной мощности при отключении генератора $(Q \to 0)$;
- слежение ручного регулятора (регулятора тока) за током ротора генератора, работающего с основным регулятором с целью бестолчкового перехода.

Управление тиристорными преобразователями

Регулятор выполняет следующие функции, связанные с фазоимпульсным управлением тиристорным преобразователем:

- синхронизация импульсов управления с напряжением питания тиристорного преобразователя;
- формирование фазы импульсов в соответствии с требуемым углом управления;
- ограничение диапазона изменения угла управления минимальным и максимальным значениями;
 - формирование заданной длительности управляющих импульсов.

Контроль аппаратуры и диагностика отказов

В состав программного обеспечения регулятора входят программы, осуществляющие логический анализ входных дискретных сигналов и датчиков режимных параметров. Микроконтроллер осуществляет также контроль уровня напряжений, источников питания регулятора.

На основании анализа этой информации формируются сигналы отказа регулятора.

Сервисные функции

В САУВ предусмотрен унифицированный пульт оператора (УНИПО), связанный по каналу обмена информацией с регуляторами, что позволяет выводить на него значения параметров системы регулирования, изменять настройки в заданных пределах, контролировать состояние входных и выходных сигналов регулятора, получать диагностическую информацию.

СЕКЦИЯ № 3

ГИДРОДИНАМИКА И ТЕПЛОМАССООБМЕН В КАНАЛАХ И ЭЛЕМЕНТАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Председатель: *Грошев А.И.* – канд. техн. наук, доцент Секретарь: *Приступа Ю.В.* – инженер кафедры ПТЭ

филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

УДАЛЕНИЕ ШЛАМА И МИКРОПУЗЫРЬКОВ ВОЗДУХА ИЗ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ПРИ ПОМОЩИ СЕПАРАТОРОВ

Архангельская С.М. – студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Силичева Г.С.* – канд. с./х. наук, доцент

Разработчики во всем мире работают над поиском совершенной защиты систем отопления и водоснабжения от вредного влияния воды и снижения ее коррозионных свойств, но от воздуха и шлама в системе отопления полностью избавиться при этом не удается.

Активно использующиеся за рубежом сепараторы до недавнего времени были мало известны в России. В дословном переводе с английского separator означает «сито». Аппараты с таким названием, как сообщает Большая советская энциклопедия, «разделяют твердые или жидкие смеси, отделяют примеси». Принцип действия сепараторов разных типов основан на различии физических свойств компонентов смеси: формы, массы и плотности частиц, коэффициента трения, их магнитных и электрических свойств. Первопричиной разработки сепараторов стал возникший энергетический кризис 70-х годов в Европе, когда все системы отопления и охлаждения начали проектироваться все ближе к граничным параметрам оборудования, то есть радиаторы, насосы, котлы и все остальное оборудование подбиралось в систему с таким расчетом, чтобы она была максимально энергоэффективной и малозатратной при обслуживании в процессе эксплуатации. Сепараторы позволяют за короткий срок очистить теплоноситель от продуктов коррозии и значительно уменьшить скорость коррозии в дальнейшем. Они разделяются на несколько типов: сепараторы шлама, которые удаляют только продукты коррозии; сепараторы воздуха, удаляющие микропузырьки, скапливающиеся в системе; и сепараторы комбинированные – удаляют и шлам, и воздух. Мелкие шламы – продукт окисления (коррозии) конструкционных материалов систем, предотвратить их появление можно, решив проблему удаления из воды окислителя (кислорода). Известно, что газы в воде трубопроводных систем могут находиться в трех состояниях: свободные (объемные), пузырьковые и растворенные.

Свободные газы скапливаются в верхних точках систем и по мере появления могут удаляться автоматическими воздухоотводчиками. Намного хуже ситуация с пузырьковыми и растворенными газами. Именно их наличие вызывает окислительные процессы металла труб и поверхностей теплообмена. Пузырьковые и растворенные газы обычными воздухоотводчиками удалить невозможно; можно только ждать, когда на каком-нибудь участке трубопровода с малой скоростью потока пузырьки выделятся в свободный объем. Принцип действия микропузырьковых сепараторов основан на создании в корпусе прибора рабочих зон с ламинарным потоком (зоной покоя).

В отличие от ставших уже традиционными фильтров, сепараторы, не создавая гидравлического сопротивления, способны снижать количество воздуха и газов и удалять из системы самые мелкие частицы размером от 15 до 20 микрон – при помощи стандартной фильтрации их удалить невозможно. Сетчатый фильтр имеет ряд недостатков, его способность удалять шлам определяется диаметром сетки. Например, фильтр может задерживать 100 или 50 микрон, но все, что меньше этого значения, будет через этот фильтр проходить, а крупнее – задерживаться. И с течением времени мы можем добиться полной непроходимости фильтра, что приведет к износу или поломке оборудования. Сепараторы имеют неизменный показатель гидравлического сопротивления. При стандартных условиях он равен 1 кПа или 0,01 бар, то есть при расчетах им вообще можно пренебречь, этот показатель не оказывает решающего значения на гидравлические характеристики системы. Когда же вы применяете фильтры, вы вынуждены иметь какой-то запас, чтобы преодолеть сопротивление фильтрующего элемента. За счет устранения турбулентности и создания областей с ламинарным потоком или зоной покоя увеличиваются скорость осаждения частиц окислов и скорость подъема пузырьков воздуха. Полнопоточные сепараторы используют уникальные свойства трубки, способной создать идеальные физические условия, влияющие на подъем пузырьков и осаждение частиц. Трубка меняет гидродинамику потока. Витки достаточно редки, чтобы не препятствовать его движению, но их гидравлического сопротивления вполне хватает, чтобы «затормозить» поток. И если в средней части он остается турбулентным, то вверху и внизу становится ламинарным (однородным и без завихрений). Благодаря этому шлам преспокойно выпадает в осадок, а пузырьки воздуха всплывают наверх и автоматически выходят через вентиляционный клапан. Практически удаляются все частицы, которые тяжелее воды.

Сепаратор подбирают в зависимости от расхода воды и потерь давления в системе.

В основном сепараторы применяются в системах с температурой 110 °C и давлением 10 бар. В Европе, где очень активно развивается использование солнечной энергии, температура в системе бывает очень высока, и разработаны некоторые сепараторы воздуха серийного производства на 200 °C и 10 атм.

ТЕПЛО- И ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ПЛОСКОЙ КРОВЛИ

Кругляков М.С. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Сухоруков Г.С.* – канд. техн. наук, доцент

Большинство жилых и административных многоэтажных зданий имеют плоскую кровлю. Ее главная задача — защищать от осадков здание и препятствовать теплопотерям из него. Для решения этой задачи при устройстве кровли применяются теплоизоляционные материалы, которые различаются между собой по физико-механическим характеристикам и по технологии монтажа.

Необходимо сказать несколько слов об устройстве плоской кровли. В ее конструкции есть несущее основание, пароизоляция, утеплитель, гидроизоляция. Несущим основанием служат либо железобетонные конструкции, либо металлические профилированные листы. Слой пароизоляции необходим для того, чтобы предотвратить намокание теплоизоляции из-за водяного пара, поднимающегося к кровле из помещений здания. Пароизоляцию выполняют из пленочных или наплавляемых материалов. Как правило, гидроизоляцию располагают поверх утеплителя для защиты его от осадков и других внешних воздействий. Гидроизоляцию устраивают из рулонных (полимерных, битумных), мастичных и других материалов.

В качестве теплоизоляции для плоской кровли используют керамзит, пенополистиролбетон, пенополиуретан, минеральную вату.

Наиболее важной характеристикой для теплоизоляционных материалов является теплопроводность, определяемая коэффициентом λ . Чем ниже этот коэффициент, тем меньше будет толщина утеплителя.

Оптимальной теплопроводностью обладают изделия из минеральной ваты $(0.032~\mathrm{Bt/(m\cdot K)})$, поэтому в сравнении с теплоизоляционными слоями из других материалов слой из минваты будет самым тонким. Теплопроводность керамзита в $10~\mathrm{pas}$ больше, чем у минеральной ваты, следовательно, для того, чтобы добиться необходимой теплоизоляции понадобится более толстый слой утеплителя, что не всегда удобно.

Для пенополистиролбетона рассчитать теплопроводность можно лишь приблизительно. Дело в том, что это неоднородный материал, его коэффициент λ зависит от количества, размеров и распределения пенополистирольных гранул в толще изоляционного слоя. Именно гранулы придают пенополистиролбетону теплозащитные свойства, так как цементно-песчаный раствор, обволакивающий эти гранулы, обладает высокой теплопроводностью.

Наконец, пенополиуретан. Он ближе всех к минеральной вате по теплозащитным свойствам. Правда, точно определить коэффициент теплопроводности готового пенополиуретанового утеплителя проблематично, этот материал заливной, а значит, сложно обеспечить одинаковую плотность и толщину на протяжении всего его слоя. Другой принципиальной для теплоизоляционных материалов характеристикой является его прочность, поскольку в большинстве случаев утеплитель служит основанием для наплавляемой гидроизоляции.

Керамзитная засыпка непрочная, сама по себе она не способна быть основанием для наплавляемого гидроизоляционного ковра. Стяжку поверх теплоизоляции придется делать и в случае применения жидкого пенополиуретана, так как его прочности недостаточно, чтобы выдержать кровельный ковер. Создать прочное основание из пенополистиролбетона тоже непросто, поскольку для этого необходимо заливать материал тонкими слоями и ждать, пока они полностью затвердеют, только тогда гранулы пенополистирола распределяются равномерно и не появляются пустоты. В отличие от остальных утеплителей изделия из минеральной ваты — это жесткие плиты, обладающие, как правило, достаточной прочностью для того, чтобы монтировать гидроизоляционный ковер непосредственно на утеплитель.

Гидроизоляция плоских кровель — также важный этап в устройстве всего здания. Рассмотрим наиболее используемые материалы для плоских кровель, такие, как рубемаст и еврорубероид.

Рубемаст — недорогой наплавляемый рулонный материал на основе кровельного картона. По сравнению с обычным рубероидом обладает улучшенными техническими и потребительскими свойствами за счет увеличения массы покровного битумного слоя, плотности и толщины картона. Достоинством данного материала является невысокая цена, недостатком — небольшой срок службы из-за гниющей основы. Срок службы рубемаста — два года, опять же из-за непрочности картона. Еврорубероид — наплавляемый рулонный материал, в состав которого входят битум, модификаторы и синтетическая не гниющая основа. За счет этого еврорубероид обладает более длительным сроком службы по сравнению с рубемастом.

Немаловажным фактором для выбора изоляционного материала является его подверженность горению. Минеральная вата и керамзит – негорючие материалы, так как полностью состоят из неорганических компонентов, пенополируетан способен гореть. Что касается пенополистиролбетона, то гранулы пенополистирола, которые в нем содержатся, обладают классом горючести Г4. Пенополистиролбетон, в целом, менее горюч, чем его гранулы, однако точно определить степень его пожарной опасности сложно.

Подведем итоги. Сравнивая различные характеристики теплоизоляционных материалов для плоской кровли, можно отметить, что наилучшими показателями обладает минеральная вата. У нее самая низкая теплопроводность, позволяющая создавать слой утепления меньшей толщины, чем в случае использования других утеплителей. Правильно подобранное сочетание минераловатной изоляции с материалами на основе вспененных полимеров или с гидроизоляционными пленками и мембранами позволяет создать максимально эффективную систему тепло- и гидроизоляции.

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ

Наурзалиева Е.Ю. – студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Грошев А.И.* – канд. техн. наук, доцент

В настоящей работе рассмотрена задача — эффективно «собрать» солнечный поток энергии и преобразовать его в теплоту при наименьших затратах на установку. Простейшим и наиболее дешевым способом использования солнечной энергии является нагрев бытовой воды в плоских коллекторах.

Целью работы является использование экологически чистой солнечной энергии для горячего водоснабжения административного здания при одновременной экономии традиционных энергоносителей посредством двухконтурной всесезонной солнечной установки горячего водоснабжения для административного здания. В такой установке для подогрева воды до технологической нормы в холодное время года используется пиковый электронагреватель. Наличие же гелиоконтура, заполненного незамерзающей жидкостью, позволяет в любое время года использовать энергию солнца и экономить традиционные виды топлива. Такая установка позволяет обеспечивать объект горячей водой в летнее время, а также предварительно нагревать воду в системе отопления и ГВС в холодное время года.

Основным конструктивным элементом является коллектор, в нем происходит улавливание солнечной энергии, ее преобразование в теплоту и нагрев воды.

Коллектор предназначен для нагрева под прямым воздействием солнечной радиации циркулирующего в нем принудительным образом теплоносителя.

Работа основана на принципе «горячего ящика». На поверхности солнечного коллектора находится прозрачная изоляция из стекла, под которым имеется полое пространство; ниже расположена теплопоглощающая панель. Вся эта конструкция помещена в металлический корпус, нижняя и боковая часть которого оснащены теплоизоляционным материалом. Совокупность плоской лучепоглощающей поверхности и труб-каналов для теплоносителя образует единый конструктивный элемент — абсорбер. Его способность — улавливать как прямую (лучистую), так и рассеянную солнечную энергию. Теплоноситель, проходящий по каналам теплопоглощающей панели, нагревается солнечной энергией, а затем подается в систему с принудительной циркуляцией.

Выбранная нами схема теплоснабжения включает в себя: непосредственно солнечный коллектор; газовый котел, который предназначен для доведения температуры горячей воды, предварительно нагретой за счет солнечной энергии, до требуемого значения; электрический водонагреватель, который установлен непосредственно в баке-аккумуляторе.

Оптимальное значение параметров системы солнечного теплоснабжения и области их использования в большей степени зависят от капитальных вложений в эти системы, которые складываются из стоимостей отдельных элементов.

В гелиоустановках нестандартным элементом является только солнечный коллектор, на долю которого по различным оценкам может приходиться до 60 % стоимостей все установки. Экономическая эффективность определяется стоимостью солнечного коллектора.

Капитальные затраты на гелиосистему теплоснабжения

$$K_c = (9\ 200 + 128) \cdot 27 + 124\ 320 \cdot 3 = 624\ 816$$
 py6.

Срок окупаемости гелиоустановки

$$T = \frac{624816}{274974} = 2,2$$
 года.

Годовой экономический эффект от использования солнечной энергии

$$\Theta_{200} = \frac{6547 \cdot 336}{0.8} = 274974$$
 руб/год.

НЕОБХОДИМОСТЬ НЕЗАВИСИМОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Hикифоров Д.А. — студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Силичева Г.С.* — канд. с./х. наук, доцент

Экологическая экспертиза — установление соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта экологической экспертизы в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий этой деятельности на окружающую природную среду и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий реализации объекта экологической экспертизы.

Необходимость участия общественности в экспертизе экономических проектов, оказывающих существенное воздействие на природную среду, очевидна. Решения, которые принимаются на основе только проектных разработок и государственной экспертизы, не всегда полностью учитывают интересы общества и не могут застраховать от серьезных просчетов при прогнозировании влияния хозяйственной деятельности на природу и здоровье населения. Как показывает мировой опыт, участие экологических организаций в процессе принятия решений о реализации проектов по эксплуатации природных ресурсов позволит снизить как вероятность ошибок, так и уровень социальной напряженности.

Общественная экологическая экспертиза организуется и проводится по инициативе граждан и общественных организаций (объединений), а также по инициативе органов местного самоуправления общественными организациями (объединениями), основным направлением деятельности которых, в соответствии с их уставами, является охрана окружающей природной среды, в том числе организация и проведение экологической экспертизы, и которые зарегистрированы в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

Проведение общественной экологической экспертизы

- Общественная экологическая экспертиза проводится до проведения государственной экологической экспертизы или одновременно с ней.
- Общественная экологическая экспертиза может проводиться независимо от проведения государственной экологической экспертизы тех же объектов экологической экспертизы.
- Общественные организации (объединения), осуществляющие общественную экологическую экспертизу в установленном настоящим Федеральным законом порядке, имеют право: получать от заказчика документацию, подлежащую экологической экспертизе, в объеме, установленном в пункте 1 статьи 14 настоящего Федерального закона; знакомиться с нормативно-технической документацией, устанавливающей требования к проведению государственной экологической экспертизы; участвовать в качестве наблюдателей через своих представителей в заседаниях экспертных комиссий государственной экологической экспертизы и участвовать в проводимом ими обсуждении заключений общественной экологической экспертизы.
- На экспертов, привлекаемых для проведения общественной экологической экспертизы, при осуществлении ими экологической экспертизы распространяются требования, предусмотренные в пункте 2 и абзацах втором, третьем, пятом, седьмом пункта 5 статьи 16 настоящего Федерального закона (в ред. Федерального закона от 22.08.2004 № 122-Ф3).

Одна из главных задач экологической независимой экспертизы — проведение общественной экологической экспертизы проектов, связанных с воздействием на окружающую природную среду, осуществление сертификации и экологического аудита, подготовка отечественных предприятий к вступлению России в ВТО и реализации Киотского протокола.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОНОМИЯ ТЭР В КОТЛОАГРЕГАТАХ

Никифоров Д.А. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Староверов В.В.** – канд. техн. наук, доцент

При нормальной работе котлоагрегата всегда существуют три вида основных потерь: с недожогом топлива и уходящими газами (обычно не более 18 %), потери энергии через обмуровку котла (не более 4 %) и потери с продувкой и на собственные нужды котельной (около 3-8 %). Более совершенные современные котлоагрегаты имеют реальный КПД около 85-90 % и стандартные эти потери у них ниже. Однако они могут дополнительно возрастать при следующих обстоятельствах:

- если своевременно и качественно не проведена режимная наладка котлоагрегата с инвентаризацией вредных выбросов, потери с недожогом газа могут увеличиваться на 6-8 %;

- диаметр сопел горелок, установленных на котлоагрегате средней мощности обычно не пересчитывается под реальную нагрузку котла. Однако подключенная к котлу нагрузка отличается от той, на которую рассчитана горелка. Это несоответствие всегда приводит к снижению теплоотдачи от факелов к поверхностям нагрева и возрастанию на 2-5 % потерь с химическим недожогом топлива и уходящими газами;
- если чистка поверхностей котлоагрегатов производится, как правило, один раз в 2-3 года, это снижает КПД котла с загрязненными поверхностями на 4-5 % за счет увеличения на эту величину потерь с уходящими газами. Кроме того, недостаточная эффективность работы системы химводоочистки (ХВО) приводит к появлению химических отложений (накипи) на внутренних поверхностях котлоагрегата, значительно снижающих эффективность его работы;
- если котел не оборудован полным комплектом средств контроля и регулирования (паромерами, теплосчетчиками, системами регулирования процесса горения и тепловой нагрузки) или если средства регулирования котлоагрегата настроены неоптимально, то это, в среднем, дополнительно снижает его КПД на 5 %;
- при нарушении целостности обмуровки котла возникают дополнительные присосы воздуха в топку, что увеличивает потери с недожогом и уходящими газами на 2-5 %;
- использование современного насосного оборудования в котельной позволяет в два-три раза снизить затраты электроэнергии на собственные нужды котельной и снизить затраты на их ремонт и обслуживание;
- на каждый цикл «Пуск-останов» котлоагрегата тратится значительное количество топлива.

Первоочередные рекомендации

- 1. Проведение комплексного обследования котлоагрегатов, включая газовый анализ продуктов сгорания. Оценка качества работы периферийного оборудования котельной.
- 2. Проведение режимной наладки котлов с инвентаризацией вредных выбросов. Разработка режимной карты работы котлоагрегатов на различных нагрузках и мероприятий, которые обеспечат работу котлоагрегатов только в экономичном режиме.
 - 3. Чистка наружных и внутренних поверхностей котлоагрегатов.
- 4. Оборудование котельной рабочими приборами контроля и регулирования, оптимальная настройка автоматики котлоагрегатов.
- 5. Восстановление теплоизоляции котлоагрегата, обнаружение и устранение неконтролируемых источников присосов воздуха в топку.
 - 6. Проверка и модернизация системы ХВО котельной.
 - 7. Перерасчет сопел горелок под реальную нагрузку.
- 8. Оборудование котельной эффективным и экономичным насосным оборудованием, надежной трубопроводной запорно-регулирующей арматурой.

СТОЧНЫЕ ВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВОДОЁМЫ

Панков В.С. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Силичева Г.С.* – канд. с./х. наук, доцент

Современный уровень промышленного производства сопровождается использованием большого количества природной воды и сбросом сточных вод разного уровня загрязненности в водоемы.

Определение сточной воды имеет двоякий смысл. С одной стороны — это вода, не представляющая в большинстве случаев ценности для промышленного предприятия, с другой стороны — это вода, вносящая вредные вещества в водоем при ее сбросе. С точки зрения любого промышленного предприятия (в том числе и ТЭС) сточной водой может быть названа вода, использованная в технологических процессах и не отвечающая более требованиям, предъявляемым этими процессами к ее качеству. Такая вода должна подвергаться очистке с выделением из нее вредных примесей и использоваться на предприятии (может быть в других технологических процессах) или сбрасываться в водоем.

Производственные сточные воды подразделяются на:

- 1) условно-чистые воды от охлаждения технологического оборудования и аппаратуры, то есть они могут использоваться как оборотные воды;
 - 2) грязные воды, имеющие различные вредные примеси.

Сточные воды ТЭС – это воды охлаждения конденсаторов турбин; регенерационные и промывочные воды ВПУ; сточные воды, загрязненные нефтепродуктами; отработанные растворы от химпромывок и консервации теплосилового оборудования.

Отклонение экосистемы от равновесного состояния, вызванное, в частности, сбросом сточных вод, может привести к отравлению (а часто и к гибели) определенного вида (популяции) гидробионтов, которое затем приводит к цепной реакции угнетения всего биоценоза.

Отклонение от равновесия интенсифицирует процессы, приводящие водоем в оптимальное для него состояние, которые называются процессами самоочищения водоёма. Процессы самоочищения водоемов зависят от гидробиологической и гидрохимической обстановки в них. Основными факторами, существенно влияющими на водоемы, являются температура воды, минералогический состав примесей, концентрация кислорода, рН воды, концентрация вредных примесей, препятствующих или затрудняющих протекание процессов самоочищения водоемов.

Особенно большое значение в процессах самоочищения имеет кислородный режим водоемов. При большом сбросе органических веществ в водоеме наступает большой дефицит кислорода, при котором значительно нарушается биоценоз, происходит накопление и загнивание органических веществ (то есть происходят так называемые анаэробные процессы), вызывающие серьезное ухудшение качества воды.

Таким образом, сброс сточных вод оказывает серьезное влияние на биоценоз в водоемах, тем самым нарушая равновесное состояние водоема, что приводит к гибели или отравлению гидробионтов.

Реальным путем уменьшения сброса сточных вод является создание оборотных систем на промышленных предприятиях. Типовые решения использования таких систем имеются на многих предприятиях, но, к сожалению, не на всех.

В настоящее время охрана водоемов производится в соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами». Соответственно этим правилам устанавливаются и нормативные требования к составу и свойствам воды в водоемах, согласно каждой категории и приводятся предельно допустимые концентрации веществ. Нормирование сбросов загрязняющих веществ со сточными водами в водные объекты производится путем установления для каждого промышленного предприятия предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ со сточными водами.

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО ТЕПЛА ЛОКАЛЬНОЙ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Панков В.С. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

В настоящее время в сложных экономических условиях все большую актуальность приобретает вопрос автономного энергоснабжения. Все больше внимания уделяют этому вопросу различные фирмы, производственные объединения, различного рода комплексы и в целом регионы.

В качестве автономного источника электроэнергии применяются дизельгенераторы (ДГ), работающие на дизельном, либо газовом топливе. В то же время необходимо и теплоснабжение с целью обеспечения жизнедеятельности объекта.

Как показывает зарубежный и отечественный опыт, эксплуатация ДВС с утилизацией тепла, в большинстве, является весьма эффективным средством экономии энергоресурсов и в частности жидкого топлива, необходимого для обеспечения различных нужд потребителя. Благодаря использованию тепла выхлопных газов, потребитель обеспечивается горячей водой, которая, в свою очередь, используется на отопление и горячее водоснабжение.

Тепловая мощность утилизируемого тепла выхлопных газов и охлаждающей жидкости двигателя соизмерима с эффективной мощностью ДВС, а утилизация тепла, отводящегося с маслом и наддувочным воздухом, позволяет довести коэффициент полезного используемого тепла, вводимого с топливом, до 80...85 %.

Наряду с экономической выгодой получения дешевой электроэнергии, есть реальная возможность получения и дешевого тепла от системы утилизации ДГ. В данном случае также следует иметь в виду минимальные транспортные потери

тепла из-за малых расстояний до объекта потребления. Это весьма конкурентоспособно по сравнению с длинными тепловыми сетями централизованного теплоснабжения, теплоизоляция которых оставляет желать лучшего, а данные потери включаются в себестоимость продаваемого тепла.

Используя тепло выхлопных газов и охлаждающей жидкости того же $Д\Gamma$ мощностью 500 кВт на отопление, возможно снабжать теплом площадь, обеспечивая нормальную санитарную температуру в помещении размером в 4...4,5 тыс. м².

Имея в виду, что отопительный сезон продолжается немногим более полугода в нашем регионе, экономия от «незакупленного» топлива для отопления составит ощутимую величину, а применение подобных теплоэнергетических установок (ТЭУ) в более суровых климатических условиях позволит получить еще большую экономическую эффективность.

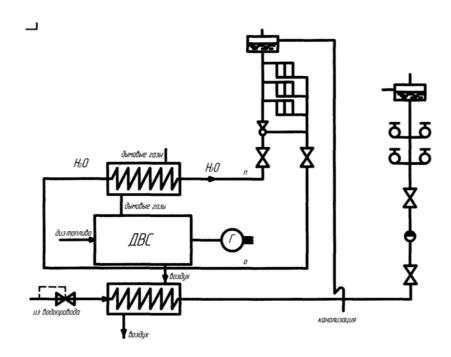


Рис. 1. Гидравлическая принципиальная схема утилизации тепла

Первый контур: вода по обратному трубопроводу поступает в газоводяной теплообменник при $t=60\,^{\circ}\mathrm{C}$, в котором нагревается до температуры $t=90\,^{\circ}\mathrm{C}$ за счёт отбора теплоты выхлопных газов от ДВС, и по подающему трубопроводу поступает в нагревательные приборы.

Второй контур: вода из водопровода, проходящая через фильтр, поступает в газо-водяной теплообменник, где нагревается за счёт отбора теплоты воздуха, охлаждающего двигатель, который при помощи вентилятора нагнетается в теплообменник. Затем по трубопроводу при помощи сетевого насоса вода подаётся в систему ГВС.

РАСТВОРИМОСТЬ ГАЗОВ В ЖИДКОСТЯХ

Пьяных Р.В. – студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ Науч. рук. **Грига А.Д.** – д-р техн. наук, профессор

Растворимость газов в воде — способность газов образовывать с водой однородную термодинамически устойчивую систему переменного состава, состоящую из двух или большего числа компонентов. Если соотношение компонентов ограниченно некоторыми пределами, растворимость называется ограниченной. Мера растворимости вещества — концентрация его насыщенного раствора при данных температуре и давлении. По величине растворимости газы природных вод делятся на две группы:

- 1) хорошо растворимые, молекулы которых при растворении взаимодействуют с водой, образуя определенные химические соединения;
- 2) плохо растворимые, молекулы которых неполярны, и их дипольный момент равен 0.

Газы, обладающие полярными молекулами, лучше растворяются в полярных растворителях, чем в неполярных, а неполярные газы растворяются в неполярных растворителях тем лучше, чем выше критическая температура газа. Растворимость газов в растворах электролитов меньше, чем в чистом растворителе (эффект «высаливания»).

Зависимость растворимости газов от давления для идеальных систем в области умеренных давлений может быть выведена непосредственно из закона Рауля. При постоянной температуре растворимость данного газа в данном растворителе прямо пропорциональна давлению этого газа над раствором (закон Генри). Он справедлив только при невысоких давлениях и достаточно малых концентрациях раствора в тех случаях, когда растворение газа в жидкости не связано с процессами ассоциации или диссоциации молекул растворяемого газа. Если двухатомная молекула газа при растворении диссоциирует на атомы (растворение азота в расплавленном железе), то растворимость газов в металле пропорциональна корню квадратному из их парциальных давлений (закон Сиверста).

Зависимость растворимости газа в жидкости от температуры описывается уравнением, аналогичным уравнению Шредера для растворов твердых тел в жидкостях. Как правило, процесс растворения газа в жидкости является экзотермическим, поэтому повышение температуры ведет к понижению растворимости газа в жидкости. Но если процесс растворения газа в жидкости идет с поглощением теплоты (растворении газов в металлах), то при повышении температуры растворимость газов увеличивается. Если над раствором присутствуют и другие газы, то растворимость каждой составной части смеси газов в жидкости пропорциональна парциальному (частичному) давлению этого газа в данной смеси (закон Генри-Дальтона).

Растворимость газов в жидкости зависит и от содержания в воде растворенных веществ: с увеличением минерализации она снижается, так как уменьшается число свободных молекул воды.

Расчет растворимости газов в жидкостях является актуальной термодинамической задачей, имеющей приложение во многих областях науки и техники. Основные общие подходы, которые используются при расчете, сводятся к:

- 1) использованию единого уравнения состояния (ЕУС);
- 2) применению для каждой из сосуществующих фаз своей модели термодинамических свойств.

При этом решаются следующие задачи: определение параметров ЕУС для индивидуальных компонентов; установление вида агрегатного состояния растворителя; анализ диаграмм фазового равновесия бинарных смесей; расчёт растворимости газа в жидкости. Во избежание погрешностей при расчетах важно учитывать растворимость газов в жидкостях (например, без учета растворимости, погрешность в расчетах гидростатического давления при бурении скважин на глубине $1\,000\,$ м при коэффициенте растворимости $\alpha_0=10\,$ и плотности жидкости $\rho_{\infty}=1\,460\,$ кг/м 3 составляет 23 %).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЛАВНОГО ПОВОРОТА

Сидоренко Е.Е. – студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ Науч. рук. Потапова Г.Б. – ст. преподаватель ВПИ (филиал) ВолгГТУ

Существуют несколько рекомендаций для расчета значения коэффициента сопротивления плавного поворота (рис. 1).

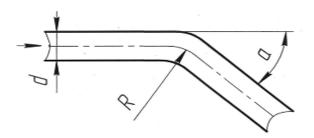


Рис. 1. Плавный поворот трубы

Исходные данные

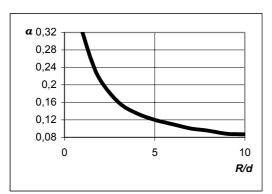
внутренний диаметр трубы d = 0,014 м; радиус закругления R = 0,042 м; угол поворота $\alpha = 60^{\circ}$ (рис. 1).

1. Одна из рекомендованных формул при α < 90°:

$$\zeta_{\text{\tiny HOB}} = 0.73 \, ab, \tag{1}$$

где a = a(R/d), $b = b(\alpha)$ определяются по графикам (рис. 2).

Для R/d = 0.042/0.014 = 3 и $\alpha = 60^{\circ}$ определяем a = 0.16; b = 0.77. Тогда $\zeta_{\text{пов}} = 0.73 \cdot 0.16 \cdot 0.77 = 0.09$.



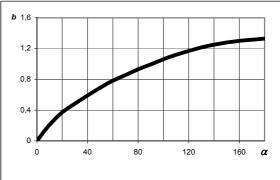


Рис. 2. Зависимости a = a(R/d) и $b = b(\alpha)$

2. Для гладкой цилиндрической трубы можно применить формулу

$$\zeta_{\text{\tiny HOB.}} = \zeta' \alpha/90, \tag{2}$$

где ζ' берется из таблицы 1.

Таблица 1

Зависимость коэффициента сопротивления от d/2R по данным Вейсбаха

| d/2R | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ζ' | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,21 | 0,29 | 0,44 | 0,66 | 0,98 | 1,41 | 1,98 |

Для $d/2R = 0.014/2 \cdot 0.042 = 0.167$ по таблице определяем, что $\zeta' = 0.137$. Тогда $\zeta_{\text{пов.}} = 0.137 \cdot 60/90 = 0.09$.

3. Применим еще одну из рекомендованных формул:

$$\zeta_{\text{\tiny HOB.}} = \zeta_{90} \ a, \tag{3}$$

где ζ_{90} – коэффициент сопротивления при повороте на 90° гладких труб определяется по таблице 2.

Таблица 2

Зависимость коэффициента сопротивления от R/d по опытным данным

| R/d | 1 | 2 | 4 | 6 | 10 |
|-----|------|------|------|------|------|
| 590 | 0,22 | 0,14 | 0,11 | 0,08 | 0,11 |

Для R/d = 0.042/0.014 = 3 имеем $\zeta_{90} = 0.125$.

Значения коэффициента а приведены в таблице 3.

Таблица 3

Зависимость коэффициента а от угла поворота по опытным данным Кригера

| α | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 40° |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| а | 0,40 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,83 | 0,88 | 0,65 |

Из таблицы для $\alpha = 60^{\circ}$ определяем, что a = 0.83.

Тогда $\zeta_{\text{пов.}} = 0,125 \cdot 0,83 = 0,1$.

4. Для углов $\leq 70^{\circ}$ можно применить следующую формулу:

$$\zeta_{\text{HOB}} = 0.9 \sin \alpha \cdot \zeta_{90}. \tag{4}$$

Для отводов круглого сечения с углом, равным 90° и при $R/d \ge 1$, воспользуемся эмпирической формулой

$$\zeta_{90} = 0.051 + 0.19 \,\mathrm{d} / \,\mathrm{R} = 0.051 + 0.19 \cdot 0.014 / 0.042 = 0.114.$$
 (5)
Тогда $\zeta_{\text{пов.}} = 0.9 \sin 60^{\circ} \cdot 0.114 = 0.9 \cdot 0.866 \cdot 0.114 = 0.09.$

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ДЛЯ ПЕРЕДВИЖНОЙ ДИЗЕЛЬ-ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ МОЩНОСТЬЮ 50 КВТ

Стрижова Е.А. – студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Грошев А.И.* – канд. техн. наук, доцент

Основным направлением решения экологических проблем в топливноэнергетическом комплексе является разработка экологически чистых технологий и процессов. Повышение эффективности использования энергии в жилищнокоммунальном хозяйстве связанно с повышением коэффициента использования тепла топлива путем расширения комбинированного производства электроэнергии и тепла. Для снабжения электроэнергией и теплом малых объектов в практику начато внедрение передвижных модульных электростанций на базе дизельгенераторов мощностью до 50 кВт и утилизаторов тепла до 150 кВт. Такие электростанции являются удобным источником электроэнергии и тепла в различных отраслях народного хозяйства, а также улучшают экологическую обстановку в связи с использованием в качестве топлива био- и природного газа.

В работе рассматривается использование трубок кожухотрубного прямоточного теплообменника в качестве поверхностей теплообмена, что позволяет увеличить интенсивность теплообмена между сетевой водой, водой двигателя и выхлопными газами.

Утилизатор тепла основан на однотипной прямотрубной поверхности теплообмена как для водо-водяного, так и для газо-водяного утилизаторов.

Конструкции утилизаторов тепла охлаждающей воды и газов выхлопа двигателя одинаковы. Компонуются они в виде единого модуля-утилизатора. Достоинством этого подхода является универсальность модуля-утилизатора.

Приведена методика расчета модуль-утилизатора, которая позволяет определить длину трубок теплообменника для различных значений мощностей дизель генераторов.

Унификация узлов теплообменника позволяет использовать утилизатор для дизель-генераторов различных диапазонов мощностей, изменяя только длину трубок теплообменного аппарата.

Цель настоящей работы – разработка системы управления гидравлическими процессами для передвижной дизель-электростанции мощностью 50 кВт.

В работе произведена установка контрольно-измерительных приборов на передвижную ТЭЦ на базе дизель-генератора 50 кВт.

Для удобства эксплуатации данного объекта все приборы выведены на щит управления гидравлическими процессами.

В схеме осуществляется контроль при помощи местных измерительных приборов – термометров, манометров, учет расхода холодной и сетевой воды.

Регулятор расхода стабилизирует расход сетевой воды через систему отопления по перепаду давлений в подающем и обратном трубопроводе. В качестве регулятора применяются регулирующие приборы.

Датчики температуры воды устанавливаются на подающем и обратном трубопроводе, на переходе от водяного к газовому утилизатору, на входе и выходе воды двигателя. В схеме датчиками температуры служат хромель-копелевые (ХК) термоэлектрические термометры (ТЭТ). Датчики температур устанавливаются также на выходе из газового утилизатора.

Датчики давления устанавливаются перед и после насосов для наблюдения напора в трубопроводе. В качестве датчиков давления применяются электроконтактные манометры ЭКМ-V.

Щит управления нужен для наблюдения за гидравлическими процессами. Так, при отклонении какого-либо параметра от заданного значения при помощи запорно-регулирующей арматуры можно «вернуть» параметр прежнему значению.

ВИХРЕВОЙ ЭФФЕКТ, УТОЧНЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МЕТОДИКИ

Худяков К.В. – ст. преподаватель ВПИ (филиал) ВолгГТУ *Чиж В.О.* – студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ Науч. рук. *Грига А.Д.* – д-р техн. наук, профессор

1. В вихревой трубе (ВТ) реализуется так называемый эффект Ранка, заключающийся в разделении предварительно сжатого газа на охлажденный и подогретый потоки. Вихревой холодильно-нагревательный аппарат представляет собой простое устройство, не содержащее подвижных частей (рис. 1).

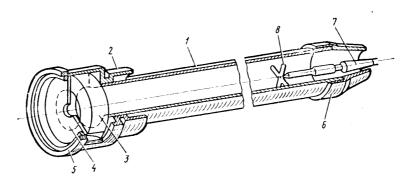


Рис. 1. Строение ВТ

- 2. Вихревые трубы применяются для разработки систем кондиционирования воздуха, также могут применяться для создания вакуума. Наибольшее распространение ВТ получили в авиации. Из-за ряда особенностей (наиболее просты в изготовлении, надежны, долговечны, не требуют дополнительного обслуживания, взрыво-, пожаро- и экологически безопасны, очень компактны) ВТ применяют для изготовления транспортных кондиционеров.
 - 3. Уточнение расчетной методики.

При выполнении данной работы ставилась задача уточнить расчетные формулы для определения параметров вихревой трубы (ВТ).

Относительный диаметр отверстия диафрагмы рассчитывался по формуле

$$\overline{d} = d_{\perp} / D = 0.350 + 0.313 \mu$$
 (1)

По результатам опытов различных ученых и анализа этих опытов была получена уточненная формула для определения \overline{d} :

$$\overline{d} = 0.30 + 0.54\mu - 0.28\mu^2. \tag{2}$$

Графики этих двух зависимостей показаны на рис. 2.

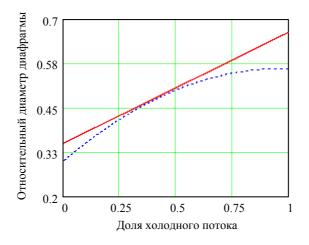


Рис. 2. Зависимость \overline{d} от μ

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КПД

Чиж В.О. – студент ВПИ (филил) ВолгГТУ

Науч. рук. *Костин К.Е.* – канд. техн. наук, доцент

Целью данной работы является оценка различных воздействий на горячую часть вихревой трубы (ВТ). Любые действия на горячую часть ВТ эффективны только на коротких трубах (на длинных трубах эффект от этих мероприятий резко снижается).

Проведены испытания трех BT с основным участком камеры разделения, представляющим собой цилиндрическую трубу диаметром 20 мм и длиной 10 калибров.

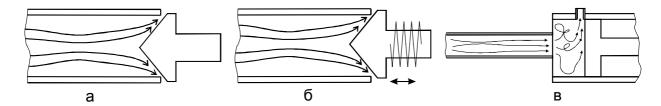


Рис. 1. Схема конструкции дросселя ВТ а – обычная труба; б – труба с подпружиненным клапаном; в – труба с резким расширением

Первая труба на горячей части имела дроссель обычной конструкции. Вторая труба имела дроссель с подпружиненным клапаном. Третья труба на горячем участке имела резкое расширение диаметра с 20 до 81 мм, длина участка диаметром 81 мм – 31 мм, выпуск горячего потока осуществлялся через вентиль, расположенный перпендикулярно оси камеры разделения. Результаты экспериментов приведены на рис. 2.

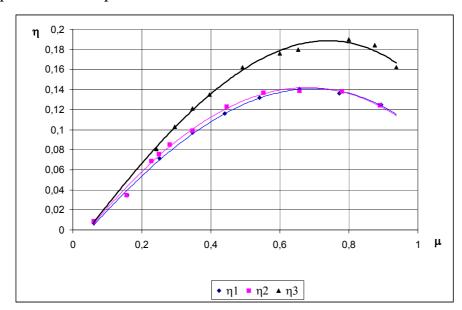


Рис. 2. График зависимости КПД ВТ от расхода

Из рис. 2 следует, что КПД третьей ВТ примерно на 35 % больше.

Объяснение данного обстоятельства предлагается искать в структуре потока внутри ВТ и упругих свойствах рабочего тела (газа). Например, при степени расширения воздуха в ВТ равной 2 эффективность трубы длиной 20 калибров почти вдвое выше эффективности ВТ длиной 10 калибров. Так как степень расширения и другие параметры труб одинаковы, можно предположить, что зона существования приосевого вихря в этих трубах тоже примерно одинакова, тогда увеличение эффективности длинной трубы можно объяснить только

влиянием зоны, находящейся за зоной существования приосевого вихря, где поток направлен только в сторону дросселя. В этой зоне происходит постепенное торможение потока и разрушение его вихревой структуры. При увеличении длины камеры разделения требуется большая работа проталкивания потока. Сама зона однонаправленного в сторону дросселя потока, в силу упругих свойств рабочего тела, выполняет роль резонаторной камеры. Размеры и форма этой камеры способствуют увеличению интенсивности пульсаций в приосевую зону и увеличению работы, которую совершает свежая порция рабочего тела, поступающего в ВТ через сопло. Увеличения работы проталкивания и создания зоны с идентичными упругими свойствами можно добиться разрушением структуры потока.

Таким образом, изменился и интервал оптимальных значений \bar{d}_{ont} :

$$\overline{d}_{\text{OHT}} = 0.45 \dots 0.55 \,;$$
 (3)

$$\bar{d}_{\text{out}} = 0.45...0.48.$$
 (4)

Используя универсальный параметр для BT $\int_{0}^{D_0} 1 - \frac{1}{\pi^{\frac{K-1}{K}}}$, получили

уточненные, оптимальные параметры – степень расширения газа π и $(D_0)_{\text{опт}}$ (рис. 3).

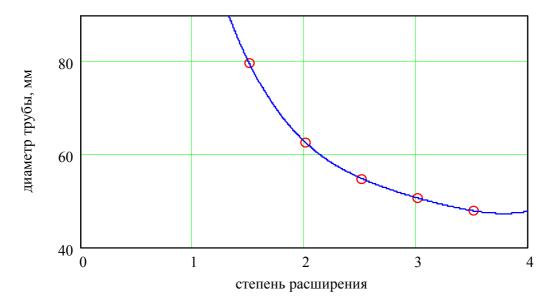


Рис. 3. График зависимости $(D_0)_{\text{опт}}$ от π

СЕКЦИЯ № 4

ИНФОРМАЦИОННОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Председатель: *Грошев А.И.* – канд. техн. наук, доцент *Приступа Ю.В.* – инженер кафедры ПТЭ

филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВАРИАНТНОЙ СХЕМЫ БАЗЫ ДАННЫХ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

Буменко С.Н. – студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ

Науч. рук. **Рыбанов А.А.** – канд. техн. наук, доцент

Для управления процессом обучения на различных его этапах контролирующий специалист должен постоянно иметь сведения о том, как учащиеся воспринимают и усваивают учебный материал. Для обеспечения контроля знаний и усваиваемости пройденного материала необходимо средство контроля знаний. В настоящее время существует огромное количество тестирующих систем. Накопленный к настоящему времени опыт создания программного обеспечения показывает, что это сложная и трудоемкая работа, требующая высокой квалификации участвующих в ней специалистов. Однако до настоящего времени создание таких систем нередко выполняется на интуитивном уровне с применением неформализованных методов, основанных на искусстве, практическом опыте, экспертных оценках и дорогостоящих экспериментальных проверках качества функционирования программного обеспечения.

Актуальность данной темы заключается в устранении недостатков, связанных с хранением информационных ресурсов автоматизированной тестовой системы, повышении эффективности хранения.

Целью данной работы является повышение эффективности автоматизированных систем проектирования тестовых заданий за счет применения инвариантной схемы базы данных.

Для достижения поставленной цели в данной работе осуществляется решение описанных ниже задач:

- 1) разработка математической модели и выбор критериев для оценки эффективности разработанной инвариантной схемы базы данных;
- 2) разработка инвариантной схемы базы данных для автоматизированной системы проектирования тестовых заданий;
- 3) экспериментальная проверка надежности и эффективности разработанной инвариантной схемы базы данных.

Оценка эффективности инвариантной схемы базы данных осуществляется с использованием аддитивного критерия. Выбор данного критерия обоснован следующими преимуществами: практически всегда определяется одно оптимальное решение; отсутствуют трудности в определении весовых коэффициентов. Значением функции аддитивного критерия является безразмерная величина. Для определения данного значения необходимо рассчитать C_i коэффициентов относительной важности исследуемых объектов. Объектами являются группы запросов. В результате расчетов коэффициентов определили конечную формулу для расчета аддитивного критерия.

Разработав функциональную модель, схематическую модель базы данных в нотации IDEF1X, запросы для данной информационной базы данных, необходимо выбрать из множества представленных альтернатив СУБД оптимальную для данной схемы базы данных, которая будет обеспечивать необходимую производительность для системы автоматизированного проектирования тестовых заданий.

Выбор системы управления баз данных (СУБД) представляет собой сложную многопараметрическую задачу и является одним из важных этапов при разработке приложений баз данных. Выбранный программный продукт должен удовлетворять как текущим, так и будущим потребностям пользователей, при этом следует учитывать разработку необходимого программного обеспечения на основе СУБД. Тем не менее, можно выделить несколько параметров, которые будут оценивать производительность выбранной СУБД.

Система оценки производительности инвариантной схемы базы данных разработана при использовании языка С++ и структурированного языка запросов SQL. Созданная система позволяет сформировать динамически по заданным параметрам значительные объемы разнотипной информации, выполнить оценку эффективности инвариантной схемы базы данных, которая была сгенерированна под конкретную СУБД. В данной работе исследовались только три СУБД: Paradox 7.0, InterBase 6.5 и Access 2003. Разработанная система универсальна в том качестве, что генерация данных и оценка производительности может быть выполнена в любой СУБД. Необходимое условие — это всего лишь наличие данного программного обеспечения и его корректная работа.

После многочисленных экспериментов и полученных результатов разработана функция оценки производительности инвариантной базы данных. Функция позволит спрогнозировать дальнейшее поведение инвариантной базы данных в зависимости от изменения информационного состава.

Данные исследования позволят сделать выбор необходимой СУБД для разработки системы автоматизированного проектирования тестовых заданий на основе инвариантной базы данных.

Перечисленные возможности системы позволяют автоматизировать ряд действий, выполняемых в настоящее время вручную или с помощью примитивных средств автоматизации. Результатами автоматизации являются значительная экономия временных ресурсов, а также исключение ошибок на стадии обработки информации, обусловленных человеческим фактором.

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

Вахнович С.В. – студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ

Науч. рук. *Рыбанов А.А.* – канд. техн. наук, доцент

Несмотря на широкое распространение автоматизированных систем интеллектуального тестирования знаний, проблема адекватной оценки результатов тестирования остается все еще до конца не решенной, о чем свидетельствует большое количество методов и алгоритмов, используемых в данной области. Поэтому работа направлена на решение проблемы автоматизации оценки знаний с помощью интегрированной математической модели тестирования знаний.

Цель работы: повышение качества обработки результатов тестирования знаний посредством интегрированной оценки.

Практическая ценность работы заключается в повышении эффективности образовательного процесса с помощью разработанной методики оценки знаний на основе интегрированной модели.

Научная новизна заключается в использовании для оценки результатов тестирования интегрированной математической модели, основанной на информационно-генетическом алгоритме и модели Раша.

В работе проведен обзор моделей и методов оценки знаний. Выявлены наиболее распространенные в системах тестирования модели и методы оценки знаний (рис. 1), вычислен C_i – весовой коэффициент i -ой модели.

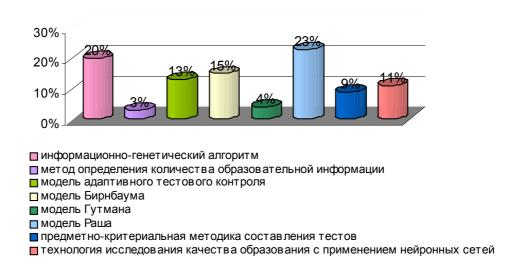


Рис. 1. Распространенность моделей и методов интеллектуального тестирования знаний в автоматизированных системах оценки знаний

Разработаны критерии количественной оценки результатов тестирования знаний, основанной на информационно-генетическом алгоритме и модели Раша.

Формула вычисления оценки с помощью аддитивного критерия

$$F(X_i) = C_1 \frac{F_1(X_i)}{F_1^0(X_i)} + C_2 \frac{F_2(X_i)}{F_2^0(X_i)},$$
(1)

Формула вычисления оценки с помощью мультипликативного критерия

$$F(X_i) = C_1 F_1(X_i) C_2 F_2(X_i), \tag{2}$$

Здесь C_i — весовой коэффициент i -й модели (C_1 = 0,535 для модели Раша; C_2 = 0,465 для модели на основе информационно-генетического алгоритма); $F_i(X_i)$ — оценка знаний i -й модели; $F_i^0(X_i)$ — i -й нормирующий делитель; $f_i(X_i)$ — нормированное значение оценки i -й модели; $F(X_i)$ — итоговая оценка знаний.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОНЫХ ОБУЧАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

Воровальницев В.К. – студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ Науч. рук. Рыбанов А.А. – канд. техн. наук, доцент

В настоящее время электронные обучающие комплексы все чаще используются в образовании. Эта область образовательного процесса все же остается мало изученной. Не всегда уделяется внимание проработке внутреннего аппарата комплекса, чаще всего разработчики гонятся за простотой и красочностью продукта, не задумываясь о подводных камнях, которые ожидают их. Следовательно, от каждой составляющей автоматизированной системы будет зависеть качество обучения.

Цель работы — повышение качества автоматизированных систем разработки электронных обучающих комплексов улучшением математической модели интенсивности предъявления учебной информации и утомляемости при обучении.

Для осуществления оценки интенсивности предъявления учебной информации и утомляемости при обучении необходимо решить следующую систему уравнений [1]:

$$\begin{cases}
\sum_{i=1}^{n} \ln\left(\frac{\partial Z}{\partial t}\right) t_{i} - \ln(\delta \lambda)_{n} + \lambda \sum_{i=1}^{n} t_{i} = 0; \\
\sum_{i=1}^{n} \ln\left(\frac{\partial Z}{\partial t}\right) t_{i} - \ln(\delta \lambda) \sum_{i=1}^{n} t_{i} + \lambda \sum_{i=1}^{n} t_{i}^{2} = 0,
\end{cases}$$
(1)

где Z_i – объем информации, представляемой обучаемому за время t_i (Z_i определяется экспериментально для различных моментов t_i); λ – параметр модели,

характеризующий утомляемость обучаемого; δ — параметр модели, определяющий максимальное количество информации, остающейся в памяти человека в процессе непрерывного обучения; $T = \frac{1}{\lambda}$ — рекомендуемое время сеанса при работе с компьютерной обучающей системой.

В случае превышения параметром λ допустимого порогового значения компьютерная обучающая система должна снизить интенсивность предъявления учебной информации не менее чем на 20 %. При этом, если в течение последующего часа работы с обучающей системой значение параметра λ не нормализуется, то компьютерная обучающая система должна рекомендовать обучаемому завершить текущий сеанс работы и сделать перерыв продолжительностью не менее 30 минут. В случае отказа обучаемого от рекомендуемого отдыха система должна выдать предупреждение о возможности негативного влияния фактора утомляемости на эффективность процесса обучения в целом и на результаты тестирования в частности.

Математическая модель может использоваться в составе с другими, уточняющими параметры математического аппарата интенсивности предъявления учебной информации и утомляемости при обучении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белоус Н.В.*, *Выродов А.П.*, *Шубин И.Ю*. Математические модели в интегрированной среде разработчика компьютерных обучающих систем // Сб. науч. тр. 5-го форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». Ч. 1. – Х.: ХТУРЭ, 2001. С. 175-176.

ПРОГРАММА-ПАРАМЕТРИЗАТОР КАК ЭЛЕМЕНТ ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ САПР»

Козлаков В.С. – студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ Науч. рук. Абрамова О.Ф. – ст. преподаватель ВПИ (филиал) ВолгГТУ

В настоящее время изучение параметрического проектирования в процессе обучения по специальностям «Автоматизация технологических процессов и производств», «Технология машиностроения» и др. играет довольно важную роль. Специалисты, знающие основы программирования в САПР AutoCAD и умеющие создавать программы-параметризаторы, пользуются большим спросом на рынке труда. Процесс преподавания дисциплин «Основы САПР», «Основы САПР и программно-статистические комплексы» должен включать в себя обучение студентов основам параметрического программирования, что очень важно для будущего специалиста конструктора.

Для лучшего усвоения и наглядности в процесс преподавания очень хорошо включать различные демонстрационные материалы: программы-параметризаторы, отрисовывающие чертежи различных деталей по заданному пользователем

набору размерных параметров. Каждый чертеж можно с помощью программы отрисовать как в двумерной, так и в трехмерной плоскостях, то есть демонстрировать объемное изображение различных деталей или изделия в целом. Также с помощью программы-параметризатора можно выполнять основные расчеты по отрисованному чертежу. Демонстрация студентам практического применения параметрического программирования улучшает, упрощает и поднимает процесс обучения на более высокую ступень, соответствующую современному развитию технологии конструирования и применения компьютерной техники.

В рамках изучения дисциплины «Основы САПР» под руководством старшего преподавателя Абрамовой Оксаны Федоровны была разработана программа-параметризатор, отрисовывающая чертеж автомобиля в трехмерном пространстве. Отрисовка производится по задаваемому пользователем набору основных размеров, которые проверяются на соответствие в процессе ввода. Также предусмотрен запуск программы и отрисовка чертежа по заданным эталонным параметрам. Конечный чертеж может быть представлен как в объемном виде, так и в форме сквозного видения изделия. Предусмотрен повторный запрос отрисовки изделия по новым параметрам. То есть демонстрируются основные элементы программы, созданной по канонам параметрического проектирования.

Данный программный продукт наглядно и в доступной для обучающихся форме демонстрирует возможности и достоинства параметрического проектирования. Программа принесет большую пользу процессу преподавания дисциплин «Основы САПР», «Основы САПР и ПСК». В дальнейшем ее можно доработать таким образом, чтобы отрисовка отдельных деталей изделия (автомобиля) проводилась поэтапно. Это обеспечит возможность объяснения работы различных элементов как программы, так и команд САПР AutoCAD; еще более повысит ценность программы как продукта, используемого для обучения.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ЗАВЕДУЮЩЕГО КАФЕДРОЙ

Костецкий И.В. – студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ Науч. рук. **Рыбанов А.А.** – канд. техн. наук, доцент

В условиях современной тенденции к информатизации и автоматизации всех сфер человеческой деятельности, связанной с обработкой, хранением, поиском и другими операциями с информацией, актуальность применения вычислительной техники для этих целей все время возрастает.

При разработке планирующей документации кафедры на новый учебный год или семестр заведующему кафедры приходится многократно использовать исходные базовые сведения для составления различных документов. Так, например, элементы рабочей программы входят в тематические планы нескольких

форм обучения. В свою очередь, тематические планы используются при планировании и расчете нагрузки на преподавателей, составлении расстановки преподавателей по учебным курсам и группам. В связи с этим возникает задача автоматизировать процесс построения планирующей документации, исключив дублирование ввода информации. Однако, несмотря на то, что идея автоматизации процесса составления учебного плана и оформления типовых документов родилась уже давно, алгоритмы и методы этих процессов требуют оптимизации, адаптации к специфике учебного заведения, или же наоборот выставляются требования универсализации. Поэтому разработка алгоритмов и методов решения таких задач существенно облегчит труд не только заведующих, но и секретарей, и других сотрудников кафедр.

Автоматизация распределения нагрузки — сложно формализуемая и сложно автоматизируемая задача. Тем не менее, при помощи максимальной автоматизации обработки информации, разработки удобного пользовательского интерфейса, рационального и своевременного представления пользователю необходимых данных можно максимально сократить время, затрачиваемое на решение поставленной задачи.

Процесс оптимального планирования учебного процесса включает обязательные процедуры анализа, систематизации, унификации, оптимизации информационных потоков, форм учебно-методических документов и процессов по их обработке с завершающей процедурой автоматизации основных операций. Такой подход в планировании позволяет снизить номенклатуру документов, циркулирующих в учебном процессе, устранить дублирование информации, повысить информационную емкость документов, освободить от рутинной технической работы персонал кафедр, деканатов и учебной части, занятых в планировании учебного процесса, уменьшить число условных операций в технологии планирования, повысить качество планирования учебного процесса при одновременном снижении трудоемкости процесса планирования.

Целью данной работы является повышение эффективности и оперативной обработки кафедральной информации посредством создания автоматизированного рабочего места заведующего кафедрой.

Результатом работы является программная реализация автоматизированного рабочего места заведующего кафедрой. Система позволяет заведующему кафедрой проверять нагрузку, поданную учебным отделом, и распределять нагрузку по преподавателям. Также с помощью системы можно печатать документацию для предоставления в деканат.

Практическая ценность разработки заключается в том, что предлагаемая система упростит работу заведующему кафедрой, а также секретарям кафедры. Система рассчитана на расширение и в дальнейшем может быть доработана до системы ВУЗа в целом.

СИСТЕМА ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ECDL

Макаров А.А. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Васильев П.Д.* – канд. техн. наук, доцент

The European Computer Driving Licence (ECDL – Европейские компьютерные права, также известен как ICDL – International Computer Driving License, международные компьютерные права) – ведущая мировая сертификация навыков владения персональным компьютером.

Сертификат ECDL является общепринятым в Европе и США стандартом, подтверждающим, что его обладатель знаком с основными концепциями информационных технологий, умеет пользоваться персональным компьютером и базовыми приложениями. На сегодняшний день тестирование прошли более 6,5 миллионов человек в 166 странах мира. Сертификация ECDL не зависит от вида используемого программного обеспечения, что дает возможность проводить тестирование как по программным продуктам Microsoft (Windows 98, 2000, XP; Office 2000, 2002, 2003), так и по приложениям open source (Linux (Unix), Open/Star Office). Экзаменационные вопросы отличаются умеренным уровнем сложности, что весьма актуально для обычного пользователя, не использующего в реальной работе узкоспециализированные возможности конкретных программ.

Что дает ECDL ВУЗу?

- Позволяет повысить конкурентоспособность, в том числе и в международной образовательной среде.
- Проект ECDL гармонично вписывается в Болонский процесс, позволяя установить транснациональную систему измерения знаний.
- Способствует снижению расходов на информатизацию вуза. Внедрение единого стандарта компьютерной грамотности для педагогов и сотрудников вуза позволяет оптимизировать инвестиции в аппаратное обеспечение. По статистике возможности современных компьютеров используются максимум на 20 %, так как пользователи не проходят специальную подготовку и сертификацию своих знаний. В течение 2-3 лет технический парк приходится обновлять в связи с неквалифицированным использованием техники. Таким образом, ECDL реально экономит средства вуза и рационализирует использование рабочего времени.
- Является подтверждением качества образования. Включаясь в работу по программе ECDL, вуз получает возможность доказать соответствие качества своих курсов по информационным технологиям международному стандарту.
- Соответствует концепции ФЦП «Электронная Россия» и ФЦП «Развитие единой образовательной и информационной среды». Программа ECDL отвечает целям и задачам ведущих государственных программ в области информатизации образования и может быть использована для проведения проектов, финансируемых за счет федерального или местного бюджетов в рамках вышеуказанных правительственных инициатив.

• Участие в общемировой программе сертификации способствует повышению престижа российского образования и признанию компетенции российских студентов за рубежом. Наличие у студентов вуза международного сертификата повышает их мобильность и позволяет участвовать в программах обмена студентами.

Что дает ECDL студенту?

• Студенты вузов подтверждают свою компетенцию для того, чтобы уверенно чувствовать себя в учебной среде, ведь сегодня приходится все больше и больше использовать компьютер на занятиях и для выполнения домашних заданий.

Что дает ECDL выпускнику?

- Облегчает трудоустройство выпускников, в том числе и за рубежом. Сертифицированные специалисты получают в среднем на 20-30 % больше своих несертифицированных коллег.
 - Упрощает получение международных грантов на продолжение образования.

ECDL в российском образовании

Программа ECDL идеально подходит как для технических, так и для гуманитарных вузов, что подтверждается все растущим числом образовательных учреждений, желающих стать авторизованными тестовыми центрами, как за рубежом, так и в России.

В рамках программы ECDL с 2002 года более 30 крупнейших вузов России (МЭСИ, РУДН, ИПК Госслужбы, СПбГУ, Красноярский ГУ, Воронежский ГУ, Ставропольский ГУ, Институт современных технологий и экономики, Южнороссийский центр обучения и сертификации, ВЗФЭИ и др.) стали авторизованными центрами тестирования, уполномоченными проводить европейскую сертификацию ECDL на своей базе.

КОРРЕКЦИЯ ОЦЕНКИ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ ФОРМИРОВАНИЯ КОНЕЧНОГО ОТВЕТА

Романов М.В. – студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ

Науч. рук. *Рыбанов А.А.* – канд. техн. наук, доцент

На сегодняшний день автоматизированные системы тестового контроля интенсивно развиваются и все чаще используются для проведения дистанционных тестирований и интернет-экзаменов по различным дисциплинам. Зачастую проконтролировать сам ход выполнения задания не представляется возможным, однако в процессе выполнения тестируемый может продемонстрировать неуверенность в своих знаниях или, получив подсказку, исправить свой неверный ответ на правильный.

Проведенный анализ математических моделей и методов, используемых в современных автоматизированных системах тестирования, показал, что все они при выставлении оценки за выполнение конкретного тестового задания

используют сравнение эталонного ответа с ответом пользователя и никоим образом не учитывают то, как был сформирован этот ответ. Поэтому целью работы стало повышение качества и объективности оценки тестовых заданий закрытого типа путем коррекции оценки с учетом динамики формирования конечного ответа.

Разработаны математические модели для оценки заданий на установление соответствия и установление правильной последовательности, а также алгоритмы построения траекторий для данных тестовых заданий рассматриваемых типов. Для анализа траектории формирования ответа используются два критерия:

- 1) интегральный критерий потерь времени $\mu(t)$;
- 2) интегральный критерий эффективности формирования ответа $\eta(t)$.

С учетом данных критериев конечная оценка за задание на установление соответствия (θ) будет определяться по формуле $\theta = \delta \cdot \mu(t) \cdot \eta(t)$, а для задания на установление правильной последовательности — $\theta = \delta \cdot \mu(t)$, где δ — степень соответствия конечного ответа на задание эталонному ответу.

Разработаны имитационные модели тестирования, предназначенные для определения адекватности предлагаемых математических моделей и алгоритмов. Они позволяют произвести коррекцию оценки тестируемого, учитывая процесс формирования ответа, и позволяют сравнить оценку, полученную обычными методами и с учетом траектории.

Экспериментальное исследование, проведенное с помощью этих имитационных моделей, показало, что разработанные модели учета траектории формирования ответа позволяют повысить качество и объективность оценки тестовых заданий рассматриваемых типов.

Результаты проведенной работы могут быть использованы для создания принципиально новой автоматизированной системы тестового контроля, либо для усовершенствования уже существующих систем.

АДАПТАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА PI-LAB К УЧЕБНОМУ ПРОЦЕССУ В ФИЛИАЛЕ «МЭИ (ТУ)» В Г. ВОЛЖСКОМ

Такташев Р.Н. – лаборант филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Васильев П.Д.** – канд. техн. наук, доцент

Основная особенность технического образования состоит в необходимости организации и проведения занятий с применением реального исследовательского и технологического оборудования. В качестве традиционных элементов обучения в учебных заведениях используются лекции, практические занятия, семинары, лабораторные занятия, расчетные задания, курсовое проектирование, прохождение технологических и производственных практик. Но лабораторный практикум — наиболее значимый и результативный компонент естественно-научной, общей профессиональной и специальной подготовки в области техники и технологий, предназначенный для приобретения навыков работы на реальном оборудовании,

с аналогом которого будущему специалисту придется иметь дело в своей практической деятельности.

Традиционный практикум предлагает обучаемому установку, уже готовую для проведения эксперимента.

Однако при таком методе существует риск порчи оборудования при плохой подготовке обучаемого. Также велики денежные затраты на поддержание установок в рабочем состоянии.

Альтернативой является виртуальный лабораторный практикум, который позволяет при наличии одной установки работать большому числу обучаемых, что снижает затраты на эксплуатацию и позволяет уберечь оборудование от неумелого использования. Установки виртуальных лабораторных практикумов являются относительной новинкой на рынке образовательных услуг Российской Федерации, поэтому остается открытым вопрос о недостатках и достоинствах данных систем.

Основным достоинством лаборатории является возможность подключения большого числа пользователей как по локальным вычислительным сетям, так и через сеть Интернет. То есть обучаемый может проводить лабораторные исследования из любого удобного ему места и в любое удобное время. Также следует выделить систему помощи обучаемому, которая позволяет при отсутствии требуемых навыков получить их в процессе работы. Пользователям предоставлен широкий спектр объектов изучения в разных областях электроники. При этом оборудование состоит всего лишь из одного небольшого по объему комплекса, который прост в обслуживании и защищен от неумелого обращения.

Достоинства:

- низкая стоимость установки и эксплуатации оборудования;
- защита от неумелого пользования;
- удобный доступ к лабораторному комплексу;
- простая и понятная система помощи;
- малая загрузка оперативной памяти.

Таким образом, наличие виртуального лабораторного практикума позволяет полностью отказаться от проведения работ на классическом оборудовании. Приемлем вариант использования практикума для дистанционного обучения студентов (для слушателей заочной формы обучения и центров переподготовки или повышения квалификации) и формирования так называемой «системы открытого образования».

АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ОТКРЫТОЙ ФОРМЫ

Чахоян Л.Ю. – студентка ВПИ (филиал) ВолгГТУ

Науч. рук. *Рыбанов А.А.* – канд. техн. наук, доцент

Данная работа направлена на решение проблемы разработки алгоритмов САПР тестовых заданий открытой формы, основанной на использовании в качестве варианта ответа графического типа информации.

В данной работе рассмотрены теоретические аспекты и проведен обзор имеющихся на данный момент систем разработок тестовых заданий, приведено формализованное описание тестовых заданий открытой формы.

Математические модели тестового задания открытой формы с графическим типом ответа имеют следующий вид:

1) указать точку:

$$T = (S, E, O); \tag{1}$$

$$E = ((x; y), \Delta), \tag{2}$$

где (x; y) – координата точки; Δ – отклонение от эталонной точки;

2) указать несколько точек:

$$E = (\{(x_1; y_1), (x_2; y_2), ..., (x_n; y_n)\}, \Delta),$$
(3)

где $(x_1; y_1), (x_2; y_2), ..., (x_n; y_n)$ – координаты точек; Δ – отклонение от эталонной точки; n = (1; i) – количество точек;

3) указать правильную последовательность точек:

$$E = (((x_1; y_1)_1, (x_2; y_2)_2, ..., (x_n; y_n)_p), \Delta),$$
(4)

где $(x_1; y_1)_1, (x_2; y_2)_2, ..., (x_n; y_n)_p$ – координаты точек в последовательности; Δ – отклонение от эталонной точки; p = (1; i) – количество правильных последовательностей точек.

Для обработки результатов тестирования разработаны критерии количественной оценки тестирования знаний:

1) если ответом является точка:

$$\delta_1 = \begin{cases} 1, (x_t; y_t) \in x_t^2 \le \Delta^2 - y_t^2 \\ 0, \text{ иначе} \end{cases};$$
 (5)

2) если ответом являются точки:

$$\delta_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{n} \cdot \left(1 - \frac{n - \sum_{i=1}^n \delta_i}{n}\right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{n_1},\tag{6}$$

где n — количество точек, выбранных тестируемым; n_1 — количество эталонных точек;

3) если ответом является правильная последовательность точек:

$$\delta_3 = \frac{\delta_2 + \delta_{_H}}{2},\tag{7}$$

где $\delta_{_{\scriptscriptstyle H}}$ – оценка по количеству точек в последовательности;

$$\delta_{H} = \left(1 - \frac{k_{i}}{p \cdot (p - 1)}\right) \cdot \frac{k_{H}}{p}, \tag{8}$$

где p — количество точек в последовательности; k_i — количество попарных перестановок в последовательности тестируемого; $k_{\scriptscriptstyle H}$ — количество неверных точек в последовательности;

$$S_i = \begin{cases} 1, (x_{ti}; y_{ti}) \in x_{ti}^2 \le \Delta^2 - y_{ti}^2 \\ 0, \text{ иначе} \end{cases}$$
 (9)

В результате экспериментального исследования было установлено, что тестовые задания открытой формы более эффективны, чем тестовые задания закрытой формы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Автоматизированное проектирование / Норенков И.П. Москва, 2000.
- 2. Чахоян Л.Ю. Анализ способов и алгоритмов реализации тестовых заданий открытой формы в компьютерных системах тестирования знаний / Л.Ю. Чахоян // Тезисы докладов. Том 1.-2007.-C.~396-397.

СЕКЦИЯ № 5

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

Председатель: **Васильев П.Д.** – канд. техн. наук, доцент Секретарь: **Такташев Р.Н.** – лаборант кафедры ЭОП

филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫМИ АГРЕГАТАМИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ВОЛЖСКОГО

Галкин В.А. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. Ветлицын Ю.А. – ст. преподаватель филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

На сегодняшний день на предприятиях Волжского Водоканала основной проблемой является моральное устаревание и сильный технический износ оборудования. Производимая плановая частичная замена и ремонт не снимают остроты проблемы — необходим поиск альтернативных путей. В частности, одним из таких путей является модернизация уже существующего оборудования.

Автором была рассмотрена возможность внедрения частотнорегулируемого привода на одном из подразделений Волжского Водоканала – на насосной станции 3-го подъема.

Как известно, основной проблемой в гидравлических сетях является необходимость регулирования подачи и напора в зависимости от изменения потребления. В качестве потребителей в нашем случае выступают: город (старая часть), Волжский азотно-кислородный завод, ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2. И если потребление сетевой воды промышленным предприятием практически неизменно в течение суток, то потребление городом, напротив, крайне неоднородно. В соответствии с этим очевидна необходимость регулирования расхода сетевой воды.

Система, применяющаяся в настоящий момент, крайне затратна и неэффективна. Принцип работы основывается на эффекте дросселирования посредством большого количества задвижек, управляемых с центрального пульта. Как уже было отмечено, для данной системы характерны существенные утечки сетевой воды, низкая надежность, частые отказы запорно-регулирующей арматуры, возникновение гидравлических ударов в трубопроводах при изменении режима работы сети, короткий межремонтный период. Кроме того, при дросселировании велики перерасходы энергии в силовом оборудовании.

Всех этих недостатков лишен метод частотного регулирования. Он основывается на изменении частоты вращения электропривода насосного агрегата в зависимости от режима работы сети. Следует отметить что при частотном

регулировании дросселирование не используется, а следовательно, гидравлические потери в сети минимальны. Также происходит существенная экономия электро-энергии, КПД насосной установки увеличивается. Увеличивается срок службы силового оборудования за счет снижения его износа. Регулирование происходит плавно, без скачков, что благоприятно сказывается на долговечности трубопроводов.

Расчеты, сделанные для насосной станции 3-го подъема г. Волжского, показали, что при использовании частотно-регулируемого привода снижается загрузка силового оборудования и уменьшается нагрузка на водопроводную сеть, что имеет положительный технико-экономический эффект.

Результаты анализа среднесуточной подачи сетевой воды с применением частотно-регулируемого привода приведены в таблице.

Таблица **Частота вращения электропривода в зависимости от величины подачи**

| Время суток | | Расход, | $M^3/4 \cdot 10^3$ | | Частота | Марка и количество работающих насосных агрегатов | |
|----------------|-------|---------|--------------------|-------|---------------------|--|--|
| | Город | АКЗ | ТЭЦ-1 | ТЭЦ-2 | вращения, об/мин | | |
| 3:00 | 2500 | 650 | 0 | 2100 | 780 | 2*20 НДС | |
| 8:00 | 5400 | 650 | 0 | 1800 | 840 | 2*20 НДС + 2*12 НДС | |
| 13:00 | 5100 | 650 | 0 | 1800 | 800 | 2*20 НДС + 2*12 НДС | |
| 18:00 | 4500 | 650 | 700 | 1000 | 700 | 2*20 НДС + 2*12 НДС | |
| 0:00 | 4100 | 650 | 700 | 1300 | 1 000 | 2*20 НДС | |

Система частотного регулирования позволяет автоматизировать технологический процесс, что ведет к снижению численности обслуживающего персонала и повышению качества водоснабжения.

Практика внедрения частотно-регулируемых приводов в других городах (в частности, в С.-Петербурге) показала, что поставляемое оборудование отличается высокой надежностью, удобством обслуживания, не склонно к отказам. Нелишне будет отметить, что срок окупаемости установки составляет в среднем 1-2 года (в зависимости от условий работы).

Единственным недостатком является высокая первоначальная стоимость оборудования и требование наличия специально подготовленного обслуживающего персонала.

Таким образом, модернизация насосной станции 3-го подъема г. Волжского путем внедрения частотно-регулируемого привода является перспективным направлением.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МОНОКРИСТАЛЛОВ КАРБИДА КРЕМНИЯ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Грозных В.А. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Васильев П.Д.** – канд. техн. наук, доцент

Карбид кремния является перспективным материалом для изделий силовой электроники, оптоэлектроники и микросистемной техники. Уникальность свойств SiC позволяет улучшить практически все характеристики приборов силовой и цифровой электроники: быстродействие, предельные коммутирующие токи и напряжения, статические и динамические потери. Приборы из карбида кремния могут работать при повышенном уровне радиации и высокой температуре. Основные направления использования приборов на карбиде кремния — это атомная энергетика (из-за радиационной и термостойкости), автомобилестроение (из-за термостойкости), химическая и газовая промышленность (химическая стойкость), а также силовая электроника (малые потери мощности, большие прямые токи и высокое обратное напряжение).

Между тем, стремительному развитию полупроводниковой SiC-электроники препятствует низкое качество выращиваемых монокристаллов карбида кремния. Получение качественных малодефектных (в идеале бездефектных) кристаллов сопряжено с рядом трудностей, и одна из них — качественная система управления процессом роста кристалла.

В настоящее время в подобных системах роста монокристаллов для обеспечения высокой стабильности поддержания температуры в камере роста применяются автоматические системы управления электропитанием нагревательного элемента, базирующиеся на промышленном высокочастотном регуляторе температуры и программном задатчике уровня. Градуировка температуры нагревателя осуществляется с помощью оптического пирометра. Контроль за системой электропитания осуществляется с помощью измерительного комплекса, позволяющего измерить одновременно силу тока, напряжение и мощность. Работа системы основана на законе ПИД-регулятора.

С научной и инженерной точки зрения такой тип системы регулирования малоэффективен, так как не позволяет производить смену параметров регулирования и алгоритма функционирования системы для достижения желаемого результата. Подобный тип системы жестко привязан к оборудованию и не предоставляет возможности эксперимента.

На ООО НПФ «Синкрист» совместно с СевКавГТУ была спроектирована и изготовлена экспериментальная установка для выращивания низкодефектных монокристаллов карбида кремния. Установка представляет собой вакуумную камеру, снабженную системой откачки и напуска газов, печи резистивного нагрева. Для поддержания температуры в камере предусмотрена системы управления

электропитанием нагревательного элемента, основанная на регуляторе температуры и программном задатчике уровня. Рабочие температуры составляют от 2100 до 2600 °C.

Отличительной особенностью разработанной установки является так называемая экспериментальная программно-аппаратная *надстройка*, дополнив установку которой, планировалось расширить функциональные и экспериментальные возможности системы в целом, и, что самое немаловажное, освободить технолога от утомительной работы.

Внедрение экспериментальной надстройки придало процессу выращивания монокристаллов живой оттенок. Человек принимает активное участие в подборе оптимальных параметров роста кристалла непосредственно во время процесса роста, опираясь на свой опыт, при этом электроника отрабатывает указанный алгоритм, подсказывая оптимальный режим и предотвращая возможные аварийные ситуации.

С момента внедрения системы прошло несколько экспериментов, но уже видны явные качественные улучшения выращенных монокристаллов.

ПЕРСПЕКТИВЫ ЧАСТИЧНОЙ ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ Г. ВОЛЖСКОГО

Деревянкин М.В., Сафронова С.В. – студенты филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Васильев П. Д.** – канд. техн. наук, доцент

Распределенное производство энергии (англ. Distributed power generation) — новая тенденция в энергетике, связанная с производством тепловой и электрической энергии. Концепция распределенных энергетических ресурсов подразумевает наличие множества потребителей, которые производят тепловую и электрическую энергию для собственных нужд, направляя их излишки в общую сеть.

К технологиям, претерпевающим наиболее быстрое развитие, относятся мини-ТЭЦ и электростанции на базе газовых микротурбин, имеющих единичную мощность менее 1 МВт, а также технологии прямого сжигания биомассы.

Экономические аспекты, обосновывающие строительство мини-ТЭЦ в г. Волжском:

- условия, выдвигаемые поставщиками электроэнергии и тепла, часто ведут к значительным безвозвратным расходам;
- эффект системной экономии топлива от централизации теплоснабжения сведен к минимуму вследствие того, что КПД промышленных и отопительных котельных сведен до уровня КПД котлов, а также вследствие тепловых потерь и потерь от утечек при передаче горячей воды на большие расстояния, которые достигают 20-25 %;
- капитальные затраты при применении мини-ТЭЦ компенсируются за счет низкой себестоимости энергии в целом. Отпадает необходимость в строительстве

ЛЭП, ТП, протяженной кабельной сети. Снижение затрат на тепло- и электроснабжение по различным оценкам составляет 3,5-4 раза.

Сферы применения средств малой энергетики в г. Волжском:

- резервное (иногда его называют аварийным) электроснабжение потребителей, требующих повышенной надежности и не допускающих перерывов в подаче энергии при авариях в зонах централизованного электроснабжения;

 • малая энергетика может быть конкурентоспособна в тех зонах, где
- большая энергетика до сего времени рассматривалась как безальтернативная.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ С КЛАВИАТУРОЙ МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА

Кругляков М.С. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Васильев П.Д.* – канд. техн. наук, доцент

На начальном этапе развития современного информационного общества человечество остро ощутило проблему коммуникации, связи и общения. За последние десять-пятнадцать лет информационные технологии сделали огромный рывок в сфере массовых коммуникаций; получили развитие такие направления в технике, которые были немыслимы еще каких-то тридцать-сорок лет назад. В частности больших высот достигла сфера сотовой связи. На протяжении последних десяти лет наблюдается устойчивый рост в этой области. На самом деле, сейчас практически у каждого человека есть сотовый телефон, который стал уже таким неотъемлемым атрибутом, как, к примеру, телевизор. Поэтому возникла проблема оптимизации работы с этим устройством.

Одной из наиболее важных частей мобильного телефона является его клавиатура. Не секрет, что предлагаемая раскладка на клавиатуре телефона не является наиболее оптимальной для быстрого набора текста (SMS, MMS сообщения). Поэтому актуальной является проблема по сокращению количества нажатий и, следовательно, экономии времени набора.

Для решения данной проблемы воспользуемся методом репрезентативного анализа текстов. То есть, рассматривая различные виды текстов (информационный, публицистический, художественный и т.д.) полным объемом около 120 тысяч символов, попробуем выявить наиболее часто встречающиеся символы. Такой большой объем необходим для того, чтобы добиться прекращения колебаний частоты употребления того или иного символа. Выявление частоты использования определенного символа производилось методом замены в тексте этого символа. В результате данного исследования были получены некоторые закономерности, благодаря которым попробуем спроектировать наиболее оптимальную раскладку для клавиатуры мобильного телефона.

Приведем таблицу частоты встречаемости символов из расчета количества определенных букв на 100 символов текста.

Таблица

| Частота | VПОТ | ребления | букв |
|---------|----------|----------|------|
| | <i>-</i> | | - 0 |

| O – 10,92 | $\Pi - 4,63$ | Ы – 1,90 | Ж – 0,95 |
|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| E - 8,51 | B - 4,54 | Γ – 1,76 | Ш – 0,84 |
| A - 7,87 | K - 3,54 | Ь – 1,70 | Ю – 0,61 |
| И – 7,05 | M - 3,52 | 3 – 1,68 | Ц – 0,52 |
| H - 6,55 | Д-2,90 | Б – 1,64 | Щ-0,37 |
| T - 6,16 | y - 2,77 | Ч – 1,41 | 9 - 0.33 |
| C – 5,51 | $\Pi - 2,76$ | Й – 1,18 | $\Phi - 0,20$ |
| P-4,66 | Я – 2,00 | X - 0.99 | Ъ-0,03 |

Из анализа полученных данных видно, что, к примеру, наиболее часто употребляемые буквы О и Е при обычной раскладке находятся не на первых местах на клавишах. Попробуем составить модель клавиатуры телефона с учетом данного анализа, принципиально не меняя ее схему, то есть, сохранив алфавитный порядок раскладки (см. рис. 1).

| 1 | 2 | 3 |
|------|-----|------|
| аб | вгд | ежз |
| 4 | 5 | 6 |
| иклм | ноп | рст |
| 7 | 8 | 9 |
| уфхц | чшщ | коне |
| * | 0 | # |
| йьыъ | _,@ | # |

Рис. 1. Оптимизированная раскладка клавиатуры

Из рисунка видно, что было сделано некоторое исключение и буквы й, ь, ы, ъ были вынесены на отдельную клавишу. Это дало возможность поставить на первое место на каждой из кнопок более употребляемые символы.

Итак, предложенный вид раскладки дает возможность оптимизировать время набора текста, в частности, наиболее употребляемые фразы (как твои дела, привет, ты где, Ок), а также произвольный текст набираются намного быстрее за счет сокращения количества нажатий клавиш на клавиатуре.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАГНИТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Логвинов А.И. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Мельников В.П.** – доцент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

Данная работа посвящена теме применения магнитных полей в различных областях науки и техники. Всем хорошо известны такие сферы их применения, как навигация, измерительная техника, средства связи, пищевая промышленность,

медицина, магнитный транспорт и многое другое. Однако ко всем этим магнитам мы уже давно привыкли и относимся к ним как к обычным атрибутам повседневной жизни.

Многие учёные считают, что в скором будущем этот список применения магнитов заметно увеличится. В данный момент ведутся исследования с целью их использования в невообразимых, по сегодняшним меркам, проектах. Например:

Мощнейшие магниты из сверхпроводников

Вообще на создание сверхсильных магнитных полей необходимо либо тратить энергию целого города, либо такие поля будут жить доли секунды. А если надо и надолго, и экономично, то может помочь сверхпроводимость. Это явление было открыто в 1911 году. Суть его в том, что при охлаждении металла до космического холода его электрическое сопротивление падает до нуля, поэтому ток в замкнутом витке может циркулировать вечно. И магнитное поле, создаваемое этим током, также будет вечным. Десять лет назад швейцарские физики открыли теплые сверхпроводники. Для достижения ими состояния сверхпроводимости уже не нужен абсолютный нуль, достаточно температуры, при которой азот превращается в жидкость.

Фантастические перспективы! Не говоря даже о принципиально новой энергетике и электронике, станет возможным магнитное подвешивание тяжелых тел — мостов, зданий, поездов; можно подвешивать турбины электростанций, маховики — накопители энергии. Или создать, к примеру, огромный дворец, парящий в воздухе.

Магнитная электростанция

Комплекс из 150-тонных магнитов, разработанный учеными США, Японии и России, открывает новую эру безопасной и неограниченной энергии, в которой роль источника энергии играют ядерные синтезы, наращивающие более тяжелые химические элементы не за счет ядерных реакций, а за счет сверхвысокого давления в плазме.

В процессе ядерного синтеза легкие элементы соединяют вместе за счет огромного давления, чтобы таким путем сделать более тяжелые элементы, в процессе производства которых исходит большое количество энергии. Задача мощных магнитов создать магнитные поля, которые должны удерживать и управлять плазмой, или электрически заряжать газ, в котором производится синтез.

Вскоре он будет создан и представлен на открытии Международного Термоядерного Экспериментального Реактора (ITER).

Магнитные ускорители космических спутников

Компания LaunchPoint Technologies по заказу научно-исследовательского подразделения ВВС США разработала концепцию вывода космических аппаратов на околоземные орбиты с помощью гигантских магнитов.

Суть идеи заключается в следующем: спутники закладываются в особые капсулы, которые помещаются в туннель. Стены туннеля, в свою очередь,

представляют из себя гигантский магнит (примерно такой же, как активно используемый физиками ускоритель элементарных частиц).

Магнит будет способен разогнать капсулу до скорости 8 км в секунду, что в 23 раза больше скорости звука. Впоследствии капсула раскрывается, и спутник выходит на орбиту. ВВС США подобным образом рассчитывают выводить на орбиты небольшие спутники весом до 10 кг.

К числу проблем использования подобной технологии относятся колоссальные перегрузки, которые будет испытывать нежная радиоэлектроника спутника, вероятность его перегрева и возможность ошибки в расчетах траектории запуска.

К достоинствам относится дешевизна запуска, примерно в 100 раз дешевле, чем вывод грузов на орбиту с использованием традиционных ракетных технологий.

В заключение хотелось бы отметить, что перечисленный перечень перспективных магнитных технологий очень мал в сравнении с общим количеством ведущихся сегодня исследований. С уверенностью можно утверждать лишь то, что открытия в данной области науки станут одними из самых значимых для человечества в ближайшие десятилетия.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ 3-ГО ПОДЪЁМА Г. ВОЛЖСКОГО

Макаров А.А. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Ветлицын Ю.А.** – ст. преподаватель филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

В качестве объекта исследования была выбрана насосная станция 3-го подъема г. Волжского. Проблема состоит в том, что оборудование станции морально устарело и нуждается в замене. Но высокая стоимость процесса реконструкции и отсутствие резервного источника водоснабжения города и расположенных в его окрестностях предприятий не позволяют этого сделать. Кроме того, существующие режимы работы насосной станции подразумевают, например, в ночные часы летнего времени работу одного насоса на полностью открытую задвижку, а второго на 1/5 прикрытую, в дневные часы — работу обоих насосов на полностью открытые задвижки; если увязывать регулирование давления дросселированием с мгновенными значениями подачи воды, то изменения в режиме будут происходить 5-6 раз в течение часа, то есть 120-144 раза в сутки, что приведет к уменьшению межремонтных периодов запорно-регулирующей арматуры. Поэтому автор разработал ряд предложений по оптимизации режимов работы насосной.

В случае работы насоса в диапазоне 80-100 % от номинальной подачи наиболее эффективным является регулирование дросселированием. Рассмотрев графики суточных подач воды на город и предприятия (Волжский азотнокислородный завод, Волжская ТЭЦ-1 и Волжская ТЭЦ-2) выяснили, что

осреднение величин расходов позволяет существенно сократить количество изменений в режиме работы насосной станции по сравнению с дросселированием по мгновенным значениям подачи воды, что, в свою очередь, уменьшает износ запорно-регулирующей арматуры. Кроме того, такой вид регулирования существенно сокращает время работы резервных насосов, что позволяет снизить энергопотребление и износ оборудования.

Был рассмотрен график суточного потребления воды за 8 июня 2005 г., как наиболее полно отражающий неравномерность суточного потребления воды в летний период. Осреднение проводилось для периодов времени с 0:50 до 5:20; 7:00-10:00; 10:00-15:00; 15:00-20:00; 21:00-0:30. С использованием программного комплекса для гидравлического расчета сети HydraNet были найдены значения степени открытия задвижки для каждого из характерных периодов. Результаты оптимизации представлены в таблице.

 Таблица

 Степень открытия задвижки в зависимости от величины подачи

| Время | Расход, м ³ /ч·10 ³ | | | | Степень | Марка и количество |
|-------|---|-----|--------|--------|-------------|-------------------------|
| суток | Город | АКЗ | ТЭЦ-1 | ТЭЦ-2 | открытия | работающих насосных |
| Cylok | т ород | AKS | 1 Эц-1 | 1 ЭЦ-2 | задвижки, % | агрегатов |
| 3:00 | 2500 | 650 | 0 | 2100 | 77 | 2*20 НДС |
| 8:00 | 5400 | 650 | 0 | 1800 | 83 | 2*20 НДС + 2*12 НДС |
| 13:00 | 5100 | 650 | 0 | 1800 | 79 | 2*20 НДС + 2*12 НДС |
| 18:00 | 4500 | 650 | 700 | 1000 | 69 | 2 * 20 НДС + 2 * 12 НДС |
| 0:00 | 4100 | 650 | 700 | 1300 | 98 | 2*20 НДС |

Прогнозируемыми результатами оптимизации режимов работы насосной станции являются:

- снижение энергопотребления приводов насосной станции;
- исключение нерациональной загрузки силового оборудования;
- увеличение межремонтного периода запорно-регулирующей арматуры и трубопроводов.

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Некрасова В.И., Маликова М.С. – студентки филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Васильев П.Д.** – канд. техн. наук, доцент

Оценка фактического состояния силового электрооборудования по результатам диагностических измерений является на сегодняшний день сложной и актуальной задачей. Его значительная часть выработала свой ресурс, но продолжает эксплуатироваться из-за недостатка финансовых средств на его замену. Соответственно с каждым годом возрастают затраты на проведение комплексных обследований и диагностики.

Следует отметить, что трансформаторы с дефектами в активной части могут нормально эксплуатироваться еще в течение многих лет, хотя в месте дефекта идут процессы развития нагрева, частичных разрядов (ЧР) в изоляции и, как следствие, ухудшение результатов диагностических измерений и анализов. В дальнейшие годы эксплуатации, а также в случае следующего серьезного КЗ, вероятен аварийный выход из строя трансформатора с тяжелыми последствиями.

Наиболее важными и эффективными методами диагностики активной части силового трансформаторного оборудования являются: метод низковольтных импульсов (НВИ), измерение сопротивления КЗ (Zk) для контроля механического состояния обмоток после протекания сквозных токов короткого замыкания (КЗ), а также мониторинг уровня частичных разрядов (ЧР) в изоляции вводов и обмоток в совокупности с контролем основных изоляционных характеристик ($R_{\text{изол}}$, tg δ и др.).

К остальным необходимым элементам системы комплексной диагностики можно отнести измерение уровня вибрации с целью оценки состояния запрессовки обмоток, состояния магнитопровода, системы охлаждения силовых трансформаторов, физико-химические анализы трансформаторного масла и другие методы. Достаточно информативными для оценки состояния электротехнического оборудования являются метод тепловизионного контроля с помощью средств инфракрасной диагностики и хроматографический анализ газов, растворенных в трансформаторном масле (ХАРГ).

По данным идентифицировано более 30 фурановых производных, образующихся при гидролизе целлюлозы. Однако главным продуктом распада сахаров являются 5-оксиметилфурфурол (V)> фурфурол, метилфурфурол (VI), содержание последнего ничтожно мало по сравнению с количеством образующегося оксиметилфурфурола и фурфурола.

Фурановые соединения образуются как продукты частичной деструкции целлюлозной изоляции в результате термоокислительного и гидролитического превращения целлюлозы.

Тепловизионный контроль не получил ещё широкого распространения из-за дороговизны оборудования и неотработанности технологии получения информационных и достоверных результатов. Однако по мере оснащения энергосистем современными тепловизорами проведение этого вида испытаний становится оправданным, поскольку не требует останова и отключения оборудования, является нетрудоёмким и помогает выявлять дефекты на ранних стадиях их развития.

Следует отметить, что эффективность и информативность этого вида оценки состояния оборудования оказывается особенно высокой, если тепловизионный контроль включается в комплексный процесс диагностики силовых трансформаторов, проводимой на базе экспертной системы. В этом случае от совместного использования всей доступной на текущий момент информации проявляется, так называемый, синергетический эффект от её анализа, что и позволяет получить максимальный результат с точки зрения противоречивых критериев: достоверности и стоимости испытаний.

Акустическое обследование высоковольтного оборудования позволяет обнаружить источники частичных и других электрических разрядов. Электрические разряды в оборудовании выявляются также электрическими измерениями. Акустическая диагностика отличается большей оперативностью и, как правило, проводится без отключения оборудования. Кроме того, на основании этого метода разработаны весьма экономичные системы мониторинга энергооборудования. Метод основан на локации акустических сигналов от электрических разрядов с помощью ультразвуковых датчиков, регистрирующих приборов и компьютера. Датчики устанавливаются на заземленные части оборудования, например, на поверхность бака или опорную плиту трансформаторов тока и напряжения. Акустическим методом выявляется подавляющее большинство трансформаторов тока с ЧР в основной изоляции, а для трансформаторов напряжения требуется проведение контрольного хроматографического анализа масла для заключения о состоянии изоляции.

В заключение следует заметить, что акустический метод применим только к нижним модулям каскадных трансформаторов тока или напряжения, так как между каскадами имеется воздушный промежуток, препятствующий прохождению звука из одного каскада в другой.

В настоящее время комплексные диагностические обследования (КДО) или испытания все шире используются для оценки состояния силовых трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов, определения характера и уровня развития дефектов всех систем и узлов этих электрических машин.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Овдиенко Е.С., Филимонов И.В. – студенты ВПИ (филиал) ВолгГТУ Науч. рук. Саразов А.В. – ст. преподаватель ВПИ (филиал) ВолгГТУ

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) достигли сегодня уровня коммерческой зрелости и в местах со среднегодовыми скоростями ветра более 5 м/сек успешно конкурируют с традиционными источниками электроснабжения. Единичная мощность ВЭУ за последние 20 лет увеличилась с 50 до 3 000 кВт. В настоящее время наиболее распространенные коммерческие установки имеют единичную мощность от 200 до 1 000 кВт при стоимости 1 кВт установленной мощности от 750 до 1 000 долл. США. Распространены и автономные ВЭУ небольшой мощности — 5-50 кВт. Наибольшее распространение из сетевых установок сегодня получили ВЭУ с единичной мощностью от 100 до 500 кВт. Удельная стоимость ВЭУ мощностью 500 кВт составляет сегодня около 1200 \$/кВт и имеет тенденцию к снижению. Ежегодно в Европе установленная мощность ветроагрегатов составляет 200 МВт. При благоприятных условиях прирост установленной мощности может составить 800 МВт. Наиболее эффективными по наращиванию установленной мощности ветростанций являются программы стран Европы, Индии, США, Канады.

Рубеж 1 000 МВт превзошли Италия, Великобритания, Нидерланды, Китай, Япония, Португалия. Мировые планы по вводу ВЭС Глобального Проекта в 2002 г. Wind Force 12 (производство на ВЭС 12 % потребляемой в мире электро-энергии) выполняются с существенным опережением. К 2010 г. ≈ 1/3 взятых ЕС обязательств по Киотскому соглашению по сокращению выбросов парниковых газов будет обеспечено за счет ВЭС. Суммарная установленная мощность ВЭС в Европе − 40 500 МВт (69 % мировых мощностей), что покрывает ≈ 3 % суммарного потребления электроэнергии. Рост Европейского рынка ВЭС опережает планы Европейской Комиссии (40000 МВт к 2010 г.).

В России существует значительный нереализованный задел в области ветроэнергетики. Основные предпосылки для развертывания широкомасштабных работ в области развития ветроэнергетики в России:

- обострение экологических проблем при сооружении традиционных крупных тепловых, гидравлических и атомных электростанций;
- исчерпание легкодоступных запасов органического топлива и его удорожание;
- существенное увеличение удельных капитальных затрат и сроков возврата инвестиций при сооружении традиционных энергообъектов с учетом современных природоохранных требований.

Возможность использования ВЭС в Волгоградской области

ВЭУ, работающая со скоростью ветра от 5 м/с и мощностью 1 000 кВт в условиях нашей области будет эксплуатироваться в среднем 17 дней в месяц и вырабатывать 408 тыс. квт/час. Этой энергии достаточно для обеспечения энергетических потребностей малой фермы, небольшого производства, туристической базы и т.п. Затраты на ВЭУ и окупаемость составят: стоимость ВЭУ мощностью 1000 кВт (ОАО «Аэрола», Белоруссия) – 15,6 млн. рублей. Стоимость доставки, монтажа и дополнительных работ – 3,9 млн. рублей. Стоимость затрат на обслуживание (ежегодно) – 0,6 млн. рублей. Срок окупаемости – 5 лет.

Для эксплуатации ветроэнергетических установок не требуется никакого топлива, что исключает выбросы вредных веществ в атмосферу. В отличие от тепловых электростанций, они совершенно не требуют воды. Но существуют и недостатки — это зависимость от погоды.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ТРУБАХ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ

Пальчиков А.С. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Васильев П.Д.** – канд. техн. наук, доцент

Один из способов определения эффективности — отношение теплового потока к мощности на прокачку при совпадении других параметров, в частности поверхностей теплообмена. Эффективность трубчатых теплообменных аппаратов

может быть повышена применением эллиптических труб вместо круглых, поскольку гидравлическое сопротивление аппарата со стороны внешнего теплоносителя уменьшается в несколько раз. Внешняя задача обтекания и теплообмена эллиптических труб изучена достаточно хорошо, в то время как задача о течении и теплообмене в прямых каналах с эллиптическим поперечным сечением с учетом влияния теплофизических свойств стенки и ее толщины практически не исследована.

Цель работы — численное моделирование кондуктивно-конвективного теплообмена при турбулентном течении теплоносителя в прямолинейных каналах эллиптического поперечного сечения. В соответствии с этим решались следующие задачи:

- разработать методики численного решения трехмерной задачи кондуктивно-конвективного теплообмена при турбулентном течении в трубах эллиптического поперечного сечения. Численное моделирование производилось с использованием пакета *Fluent* программы, позволяющей проведение расчетов в широком диапазоне параметров и при вариации граничных условий;
- на основании полученных данных расчетов по температурным полям изучить влияние теплофизических свойств материала стенки и теплоносителя, толщины стенки и различных граничных условий на характеристики теплообмена.

Граничные условия:

- 1) условие постоянства температуры стенки трубы, то есть при z>0 $u=u_1;\ t=t_{\rm cr},\$ где $u_1=u_0+\Delta\ u-$ эллипс внешней поверхности трубы; u_0- эллипс внутренней поверхности трубы;
 - 2) условие симметрии на осях трубы, то есть при z > 0 v = 0; $\frac{\delta_t}{\delta_v} = 0$;

$$v = \frac{\pi}{2}; \quad \frac{\delta_t}{\delta_v} = 0, \quad u = 0; \quad \frac{\delta_t}{\delta_u} = 0$$

3) на границе «стенка – жидкость» при z>0 $u=u_0$, $\lambda_{\rm cr} \frac{\delta_t}{\delta_u} = \lambda_{\rm ж} \frac{\delta_t}{\delta_u}$ условие прилипания потока к поверхности при z>0 $u=u_0$; $U^t=0$.

Для некоторых видов теплоносителей и определенных характеристиках турбулентного течения можно повысить эффективность трубчатых теплообменных аппаратов, применив трубы эллиптического поперечного сечения вместо круглых, поскольку гидравлическое сопротивление аппарата со стороны внешнего теплоносителя уменьшается в несколько раз, что уменьшает энергозатраты на прокачку этого теплоносителя, в то время как теплообмен такого аппарата будет практически такой же.

О ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Pеснянская A.A. — студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Сухоруков Г.С.* — канд. техн. наук, доцент

Всем известно, что гидроэлектростанции дают возможность теплоэлектростанциям и атомным электростанциям работать с постоянной нагрузкой, обеспечивая необходимые режимы работы для силового оборудования за счет быстрого включения в систему (например, на Волжской ГЭС для запуска одного агрегата мощностью 115 МВт от стоячего положения до полной нагрузки требуется 1 минута), при этом не нарушается подача качественной по частоте и напряжению электроэнергии потребителям. Участие гидростанций в выполнении услуг, в зависимости от их расположения в энергосистеме и мощности, различно.

Но не многие знают, что многократное изменение графика работы приводит к значительным сбоям и поломке оборудования на самой станции. Так, одной из причин сбоев является неоднократное включение и выключение агрегатов в течение суток для подхвата больших нагрузок системы (число экстренных пусков и остановов агрегатов превышает 4 000). Всё это снижает сроки эксплуатации оборудования; происходит расшатывание узлов агрегатов; резкие изменения температуры снижают работоспособность отдельных элементов оборудования; производятся сбросы воды вхолостую (проводимые для снижения напряжения); увеличиваются затраты на электроэнергию. Для сравнения: пуск теплоблока в 200 МВт после шестичасовой остановки занимает около 4 часов и вызывает перерасход топлива на 60 т. Приблизительный расчёт показывает, что запуск и остановка гидроагрегата такой же мощности приводит к не меньшим годовым затратам электроэнергии. Необходимо принять во внимание, что и довольно долгий, на сегодняшний день, срок службы оборудования или же заводской брак при изготовлении, и различные скачки напряжений могут привести к возникновению очередных неполадок (сбой на Бурейской ГЭС 19 августа 2006 г.). Не стоит забывать и тот факт, что при колебаниях нагрузки и соответственно уровня воды в водохранилищах (из-за перепада режимов) помимо ГЭС ущербы возникают и в различных отраслях народного хозяйства (гибель рыб, появление оползней, появляются трудности при передвижении водного транспорта).

Ещё одной причиной поломок являются колебания давления в напорных водоводах из-за различных гидроударных процессов, которые вызывают вибрации агрегатов, лопастей рабочих колёс (при неустановившихся режимах амплитуда вибраций увеличивается в 3-10 раз), усталостные явления, что приводит к снижению прочности, разрушению облицовки тоннелей труб, увеличению шероховатости, следствием чего является потеря напора воды, а следовательно, и электроэнергии. Имеют место ущербы на некоторых ГЭС из-за ограниченной пропускной способности линий электропередачи.

Всё это приводит к различным пустым затратам электроэнергии. Но зачастую из-за многочисленных факторов трудно решить задачу по расчету компенсации

ущерба гидроэлектростанций. Вероятно ускорить решение этой проблемы можно, создав экспериментальные группы из соответствующих специалистов для учета всех факторов (представителей НИИ, диспетчерских служб, электростанций и потребителей энергии, проектно-конструкторских бюро), ведь данный подход сложился ещё, когда гидростанции работали автономно и приспосабливались к различным колебаниям нагрузки и всевозможным режимам работы. Экспертным анализом, с привлечением специалистов разных профилей, можно внести коррективы в конструкции оборудования (снабжение пуско-остановочными органами работающих агрегатов и конструирование мобильного оборудования для повышения устойчивости параллельной работы энергообъединений в аварийных ситуациях, примером является Днепрогэс-2), преобразование схем автоматики, чтобы при проектировании повысить эффективность развития энергохозяйства. Ведь большая часть оборудования конструируется, к сожалению, без учета возможностей и интересов всех отраслей энергохозяйства.

Комплексный подход дает возможность при меньших затратах получить более эффективное решение всех современных задач энергохозяйства. Необходимо стимулировать участие ГЭС в покрытии пиковой мощности и в выполнении роли «демпфера» неустановившихся процессов в энергосбережении.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ Г. ВОЛЖСКОГО

Стаценко А.А. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Васильев П.Д.** – канд. техн. наук, доцент

Интенсивная хозяйственная деятельность, связанная со строительством, реконструкцией и эксплуатацией практически всех градопромышленных агломераций, неизбежно приводит к нарушению естественного кругооборота воды в пределах этих территорий и к формированию экологически неблагоприятного состояния подземной гидролитосферы, обусловленного подъемом грунтовых вод. Территории подтапливаются и заболачиваются, поверхностные и подземные источники питьевой воды загрязняются, несущие свойства грунтов под фундаментами снижаются, существенно повышается сейсмическая опасность.

Исследования, проведенные сотрудниками ЭИЦ «ЭПОС», выявили в пределах г. Волжского крайне неблагоприятную экогидрогеологическую обстановку, характеризующуюся катастрофически опасным развитием подтопления селитебных и промышленных зон города и переполнением Большого Лимана сбрасываемыми в него неочищенными промстоками.

Проведенные в апреле 2006 г. исследования существующей природнотехногенной обстановки в пределах Волжской агломерации подтвердили ее наиболее неблагоприятное состояние, прогнозируемое ЭИЦ «ЭПОС» в 1992 г., и абсолютно удовлетворительное в пределах территорий Волжской ТЭЦ-1,

сформированное благодаря эффективности 10-летней безотказной работы модельно обоснованной системы дренажно-защитных мероприятий на ТЭЦ-1. Прогнозируемые в 1992 г. водопритоки совпадают с существующими.

ЭИЦ «ЭПОС», многопрофильный высококвалифицированный коллектив которого в своей разносторонней деятельности оперирует технологией, учитывающей, что:

- во-первых, предупреждение и ликвидация экологически неблагоприятного состояния подземной гидросферы, достигшего уровня одного из наиболее опасных природно-социальных явлений, связаны с огромными капитальными вложениями, степень обоснованности которых требует повышенной достоверности прогнозных решений;
- во-вторых, в условиях взаимодействия «человек природа» принятие оптимальных решений по распределению капитальных вложений последовательно на: а) проведение изысканий на трех стадиях ТЭО, проекта, рабочей документации; б) выбор защитных мероприятий инженерных сооружений и геологической среды; в) проектирование, строительство и эксплуатацию их; г) функциональное обустройство вновь осваиваемых и реконструируемых территорий возможно лишь методами математического моделирования, были близки по своим достижениям к успеху в плане как научно-финансового обеспечения, так и практической ликвидации и предотвращения экологически опасной природно-техногенной обстановки на территории г. Волжского.

Ключевым моментом в проектировании системы является выдача технического задания на бурение скважин, промышленная реализация которого является наиболее дорогостоящей и потому требующей достаточно серьезного обоснования. Автоматизация проектирования на этом этапе базируется на использовании математической модели фильтрации, примененной к конкретным условиям промышленного предприятия.

В математическом плане задача о поведении подземных вод обычно ставится как классическая задача фильтрации. Однако ее реальное воплощение принципиально осложняется недостаточным знанием конкретных гидрогеологических условий. Чтобы определить проектное задание на бурение дренажных и наблюдательных скважин, необходимо «привязать» математическую модель к конкретной территории по комплексу всех параметров.

Для этого необходимо провести:

- 1) комплекс гидрогеологических исследований;
- 2) анализ техногенных факторов, влияющих на состояние подземной гидросферы;
- 3) анализ метеорологической обстановки (количество и временные характеристики осадков) и характеристики испарения грунтовых вод с поверхности промышленной территории;
- 4) произвести контрольные замеры уровней подземных вод на всех горизонтах на момент начала строительства защитных сооружений.

Практически невозможно путем измерений получить абсолютно точные значения всех параметров во всех точках территории, поэтому необходима многократная корректировка по результатам сопоставлений расчетных и реально наблюдаемых значений уровней. Имея конкретное насыщение математической модели, можно производить прогнозирующие расчеты, варьируя положение и количество дренажных скважин.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВА РЕЗЕРВУАРОВ ХРАНЕНИЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Такташев Р.Н. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Васильев П.Д.** – канд. техн. наук, доцент

Хранение мазута на тепловых электростанциях является энергозатратным мероприятием (около 60 % от расхода энергии на собственные нужды). Основным параметром, характеризующим хранение мазута, является температура.

Циркуляционный метод подогрева высоковязких мазутов заключается в том, что топливо отбирается из нижней части резервуара и насосом прокачивается через внешний подогреватель. Подогретое топливо по напорному трубопроводу через насадки сбрасывается в нижнюю часть емкости к центру сечения или в сторону, противоположную отводу топлива.

При циркуляционном методе подогрева вязкость мазута является основным теплофизическим свойством, так как именно значение вязкости влияет на нормальное функционирование топливных насосов подачи топлива к форсункам котлов (в интервале температур от 30 до 100 °C вязкость изменяется более чем в 100 раз, в то время как другие теплофизические параметры практически постоянны и их изменение составляет не более 5 %).

В работе исследовалось функционирование системы циркуляционного подогрева топлива в металлическом наземном резервуаре емкостью 10000 м³. Рассматривалась работа резервуара в зимний период при температуре окружающей среды –22 °C. Температура мазута на выходе из внешнего подогревателя составляет 104 °C. Среднеобъемная температура равна 74 °C. Скорость истечения из сопла составляет 0,735 м/с. Влажность топлива 12 %.

В исследованиях 3.И. Геллера говорится, что в резервуаре существует турбулентный режим течения. При турбулентном режиме срыв потока происходит на расстоянии 0,05 м от среза сопла. При этом скорость на данной отметке составляет 0,02 м/с.

Численное моделирование производилось с использованием пакета *Fluent*. В качестве турбулентной модели выбрана стандартная k-є модель. Турбулентная вязкость вычисляется по формуле Колмогорова — Прандтля. Дискретизация уравнений производилась при помощи метода контрольного объема. Расчеты производились в декартовых координатах.

Результаты расчета существующей системы показали, что недостаточно нагревается мазут в части резервуара, противоположной стороне расположения трубопровода отвода топлива. Для устранения данного недостатка системы в качестве рекомендаций можно предложить увеличение числа насадок до 26 посредством установки их в недогреваемой части резервуара.

Предложенная система подогрева топлива позволяет получить более устойчивые профили скорости и температуры топлива в резервуаре. При этом неизбежно произойдет увеличение расхода подогретого топлива на один резервуар.

Однако при внедрении подобной схемы увеличиваются теплопотери в окружающую среду через стенки резервуара.

К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНОЙ РАСКЛАДКЕ ТРЕХЪЯЗЫЧНОЙ КЛАВИАТУРЫ

Такташев Р.Н. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Васильев П.Д.* – канд. техн. наук, доцент

Особенность национального устройства России говорит о необходимости применения трехъязычных клавиатур с символами английского (в качестве международного), русского (как языка федерального уровня) и национального языков.

Для оптимальной раскладки клавиш проводится исследование с целью определения частоты встречаемости каждой буквы конкретного языка. В самом простом исполнении полученные данные совмещаются с частотами встречаемости базовой раскладки. Такая раскладка отвечает только требованиям совпадения частот встречаемости и не является оптимальной.

Более совершенной раскладка будет в случае, когда буквы распределены по доске не только согласно частотам встречаемости, но и по совпадению их написания. Достичь компромисса в виде наиболее удачного соотношения расстановки символов по частотам встречаемости и написанию нелегко, учитывая отсутствие каких-либо рекомендаций по этому вопросу.

В работе в качестве базовой раскладки для каждого языка принималась раскладка согласно частотам встречаемости. Далее были сгруппированы символы, имеющие одинаковое написание во всех трех языках и практически одинаковые частоты встречаемости. Особое внимание при этом уделялось первым десяти наиболее часто встречаемым символам. Сравнивая две полученные раскладки, было подсчитано отклонение для каждой клавиши относительно раскладки, составленной согласно частотам встречаемости. В целях сохранения удельного веса составили функцию произведения полученного значения отклонения и частоты встречаемости.

Среднее значение функции определялось как среднее арифметическое данной функции. Средняя частота встречаемости для английского языка составила 3,85; для татарского – 2,56.

Оптимальность раскладки фиксировалась по минимальности среднего значения функции.

Исследование функции распределения частот встречаемости показало, что оптимальной для описания является функция вида

$$A \cdot \exp(B \cdot i)$$
,

где A — максимальная частота встречаемости данной раскладки; B — вычисляемый численно коэффициент; i — номер символа в таблице частот встречаемости.

Получены коэффициенты:

для английского языка $A=0,2007;\ B=-0,1647;$ для русского языка $A=0,2097;\ B=-0,1586;$ для татарского языка $A=0,1829;\ B=-0,1427.$

Регрессия для данной функции минимальна из всех рассмотренных.

Полученные результаты говорят о целесообразности применения трехъязычных клавиатур с совмещенными по написанию символами, так как они отвечают требованиям соответствия частоты встречаемости и написания символов.

Подобранная функция удовлетворяет экспериментальным данным.

МЕХАНИЗМ РАССЕЯНИЯ ЭНЕРГИИ В ДИЭЛЕКТРИКАХ

Усатый Р.Ю. – студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Мельников В.П**. – доцент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

Диэлектрические потери – часть энергии переменного электрического поля в диэлектрической среде, которая переходит в тепло. При изменении значения и направления напряжённости E электрического поля диэлектрическая поляризация также меняет величину и направление; за время одного периода переменного поля поляризация дважды устанавливается и дважды исчезает. Если диэлектрик построен из молекул, которые представляют собой диполи или содержит слабо связанные ионы, то ориентация таких частиц или смещение в электрическом поле (ориентационная поляризация) требуют определённого времени (время релаксации). В результате максимум поляризации не совпадает во времени с максимумом напряжённости поля, то есть имеется сдвиг фаз между напряжённостью поля и поляризацией. Благодаря этому имеется также сдвиг фаз между напряжённостью электрического поля E и электрической индукцией D, который и обусловливает потери энергии W. Переходя к векторному изображению величин, можно сказать, что вектор электрической индукции отстаёт от вектора электрического поля на некоторый угол δ , который носит название угла диэлектрических потерь. Когда молекулы или ионы ориентируются полем, они испытывают соударения с другими частицами, при этом рассеивается энергия. Если время релаксации во много раз больше, чем период T изменения приложенного поля, то поляризация почти не успевает развиться и диэлектрические потери очень малы.

При малых частотах, когда время релаксации t значительно меньше периода T, поляризация следует за полем и диэлектрические потери также малы, так как мало число переориентации в единицу времени. Диэлектрические потери имеют максимальное значение, когда выполняется равенство w = 1 / t. Описанный механизм релаксации диэлектрических потерь имеет место в твёрдых и жидких диэлектриках, содержащих полярные молекулы или слабо связанные ионы. Величина релаксационных диэлектрических потерь в жидкости зависит от её вязкости, от температуры и от частоты приложенного поля. Для невязких жидкостей (вода, спирт) эти потери проявляются в сантиметровом диапазоне длин волн. В полимерах, содержащих полярные группы, возможна ориентация как отдельных полярных радикалов, так и более или менее длинных цепочек молекул. В диэлектриках с ионной и электронной поляризацией вещество можно рассматривать как совокупность осцилляторов, которые в переменном электрическом поле испытывают вынужденные колебания, сопровождающиеся рассеянием энергии. Однако если частота электрического поля гораздо больше или меньше собственной частоты осцилляторов, то рассеяние энергии и, следовательно, диэлектрические потери незначительны. При частотах, сравнимых с собственной частотой осцилляторов, рассеяние энергии и диэлектрические потери Wвелики и имеют максимум при равенстве этих частот $c_0 = w_0$. При электронной поляризации максимум потерь соответствует оптическому диапазону частот. В диэлектриках, построенных из ионов (напр., щёлочно-галоидные кристаллы), поляризация обусловлена упругим смещением ионов и максимум потерь имеет место в инфракрасном диапазоне частот (10 12 -10 13 Γu).

Величина диэлектрических потерь в диэлектрике, находящемся между обкладками конденсатора, определяется соотношением: $W_e = U^2 \omega C t g \delta$, где U- напряжение на обкладках конденсатора; C- ёмкость конденсатора; $t g \delta -$ тангенс угла диэлектрических потерь. Диэлектрические потери в 1 см 3 диэлектрика в однородном поле $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$, где $t g \delta = E^2 \omega \varepsilon t g \delta$

ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС

Филимонов И.В., Овдиенко Е.С. – студенты ВПИ (филиал) ВолгГТУ Науч. рук. *Саразов А.В.* – ст. преподаватель ВПИ (филиал) ВолгГТ

Основная функция Экологического энерго-производственного комплекса (ЭЭПК) — это решение энергетических, производственных и социальных задач. Данный комплекс может быть установлен на любом отсечённом заливе, имеющем достаточную глубину.

Области применения ЭЭПК очень разноплановы, например: защита от наводнений, улучшение водообеспечения прилегающей к заливу территории, возрождение малых водоёмов и т.д.

ЭЭПК позволит решить проблемы Волгоградского водохранилища, такие, как: эрозия почв (разрастание оврагов), заиливание балок и заливов, изменение условий для ведения сельского хозяйства. Для создания комплекса понадобится перекрыть залив плотиной с энергоблоками, поднять уровень воды в нём и создать комплекс сельскохозяйственных и технических сооружений. Подъём уровня воды будет осуществлён с помощью насосной подстанции, состоящей из восьми насосов с общим расходом 8 000 м³/ч. Она будет питаться от ВЭУ общей мощностью 2 МВт. Водой из залива можно будет оросить до 1 400 га полей.

ЭЭПК позволит:

- предотвратить размыв берега водохранилища в районе расположения комплекса;
 - обеспечить устойчивое водоснабжение прилегающей территории;
- аккумулировать дополнительные объемы воды на Волгоградском водохранилище;
 - развивать экологичное сельское хозяйство;
 - производить 800 тонн биотоплива;
 - производить электроэнергии 10104 тыс. кВт·ч, в том числе: ВЭУ 9600 тыс. кВт·ч, гидроагрегаты ЭЭПК 504 тыс. кВт·ч;
 - выращивать 17 тонн рыбы.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ

Чечина Б.Г. – студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Мельников В.П**. – доцент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

Лазер стал одним из самых значимых изобретений 20 века. Появление лазеров сразу оказало и продолжает оказывать влияние на различные области науки и техники, где стало возможным применение лазеров для решения конкретных научных и технических задач. Широкое применение лазеров (от коррекции зрения до управления транспортными средствами, от космических полетов до термоядерного синтеза) обусловлено свойствами их излучениямалой расходимостью луча, монохроматичностью и когерентностью излучения. Проведенные исследования подтвердили возможность значительного улучшения многих оптических приборов и систем при использовании в качестве источника света лазеров и привели к созданию принципиально новых устройств (усилитель яркости, квантовые гирометры, быстродействующие оптические схемы и др.) На глазах одного поколения произошло формирование новых научных и технических направлений — голографии, нелинейной и интегральной оптики, лазерных технологий, лазерной химии, многих задач энергетики и промышленности.

Высокая монохроматичность и когерентность лазерного излучения обеспечивают успешное применение лазеров в спектроскопии, инициировании химических реакций, в разделении изотопов, в системах измерения линейных и угловых скоростей, во всех приложениях, основанных на использовании интерференции, в системах связи и светолокации. Высокая плотность энергии и мощность лазерных пучков, возможность фокусировки лазерного излучения в пятно малых размеров используется в таких технологических процессах, как лазерная резка, сварка, сверление, поверхностное закаливание и размерная обработка различных деталей. Эти же свойства и направленность лазерного излучения обеспечивают успешное применение лазеров в военной технике: лазерное оружие, целеуказатели, системы обнаружения снайперов, дальномеры. Полупроводниковые лазеры используются в качестве прицелов ручного оружия и лазерных указок, в проигрывателях компакт-дисков, как мощные источники света в маяках. Газовые лазеры применяются в геодезических нивелирах, дальномерах и теодолитах; в метрологии – как эталоны частоты и времени; для записи голограмм. Лазеры на красителях и других рабочих средах используются для зондирования атмосферы. Эксимерные лазеры применяются в медицине для терапевтического воздействия и хирургического вмешательства. Также лазеры используются в науке (измерение расстояния до Луны, фотохимия, лазерное намагничивание, лазерное охлаждение, тонкие химические и физические эксперименты). Кроме того, существуют предпосылки широкого использования лазеров в быту. Немецкая компания нашла необычайное применение лазерам. Ее специалистами создан первый в мире «лазерный пылесос».

Цель приведенного здесь краткого и неполного перечня применений лазеров — проиллюстрировать то громадное влияние, которое оказало появление лазеров на развитие науки и техники, на жизнь современного общества.

ВОДОРОД – ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО

Шевцова Е.В. – студентка ВПИ (филиал) ВолгГТУ Науч. рук. **Саразов А.В.** – ст. преподаватель ВПИ (филиал) ВолгГТ

Основная цель развития водородных технологий – снижение зависимости от существующих энергоносителей.

Водород обладает преимуществами: для его получения имеется неограниченное количество сырья (вода); водород — хороший энергоноситель для использования и транспортировки; использование водорода для получения энергии не загрязняет окружающую среду; водород позволяет осуществлять аккумулирование энергии, вырабатываемой электростанциями в «провальном» режиме, перспективными ветро- и солнце-энергетическими установками.

При сжигании водорода в чистом кислороде единственными продуктами являются высокопотенциальное тепло и вода. При горении водорода в воздухе

образуется существенно меньшее количество загрязнителей воздуха, чем при сжигании минерального топлива. Водород не пахнет и сгорает с едва видимым пламенем. Теплота внутреннего сгорания (излучение) много меньше, чем при внутреннем сгорании углеводородов.

В данный момент возможны следующие способы получения водорода:

- 1) электролитическое разложение воды;
- 2) паровая конверсия метана;
- 3) использование термохимических реакций химически активных соединений йода или брома;
 - 4) из природного газа;
 - 5) газификация угля;
 - 6) из биомассы.

Из них самым перспективным является электролиз воды.

Электролитическое разложение воды – очень энергоемкий процесс.

Затраты на энергию можно компенсировать, используя энергию, вырабатываемую Волжской ГЭС в «провальном» режиме, а также в ночное время и в выходные и праздничные дни; ВЭС, солнечными модулями.

Снижение стоимости водорода возможно при использовании современного оборудования и более дешевой «ночной» энергии (при дифференцировании энергии на «дневную» и «ночную»).

В настоящее время преобладают тенденции к устойчивому сближению тарифов на электроэнергию из ЕЭС и электроэнергию, полученную путем сжигания водорода.

В РФ приблизительно к 2015 году использование электроэнергии, полученной путем сжигания водорода, будет экономически оправдано.

В странах ЕС и США использование электроэнергии, полученной путем сжигания водорода, будет экономически оправдано в ближайшее время.

Прогнозируемые результаты использования водородной энергии:

- 1) создание инфраструктуры производства, хранения и транспортировки водорода;
 - 2) перевод городского транспорта на водород;
 - 3) энергообеспечение ЖКХ, ИМК;
 - 4) создание новых рабочих мест;
- 5) значительное улучшение экологии в крупных населенных пунктах, снижение парникового эффекта;
- 6) улучшение гидрологической обстановки в нижнем бьефе Волжской ГЭС за счет снижения режимных суточных колебаний.

СЕКЦИЯ № 6

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ, ХИМИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ЭНЕРГЕТИКЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЮ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Председатель: *Гончарова Л.К.* – канд. хим. наук, доцент Секретарь: *Прибылова Т.С.* – инженер кафедры ТВТ

филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

ОСОБЕННОСТИ РЕГЕНЕРАЦИИ СЛАБООСНОВНЫХ АНИОНИТОВ А-1 СТУПЕНИ ХИМОБЕССОЛИВАНИЯ

Барышников Р.М., Щепоткина А.В. – студенты филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Гончарова Л.К.** – канд. хим. наук, ст. науч. сотрудник

Известно, что к качеству питательной воды паровых котлов на тепловых электрических станциях предъявляются очень высокие требования. В России традиционно подготовка добавочной воды осуществляется с применением схем двух- и трехступенчатого обессоливания. В основе этих схем лежат ионообменные технологии.

Во всех схемах на первой ступени анионирования (A-1) применяются слабоосновные аниониты. Основное назначение слабоосновного анионита — удаление из обрабатываемой воды анионов сильных кислот ($\text{Cl}^-, \text{SO}_4^{2-}, \text{NO}_3^-$). Одновременно с удалением анионов сильных кислот в них задерживаются органические вещества и соединения железа.

В России производится только один слабоосновный анионит — АН-31 (АО «Уральская химическая компания»), опыт эксплуатации и свойства которого предопределили значительное сокращение объемов его использования в последние годы и переход на слабоосновные аниониты зарубежных фирм.

В настоящее время почти 80 % используемых в отечественной энергетике слабоосновных анионитов приходится на долю ионитов, выпускаемых фирмами «Rohm and Haas», «Dow Chemical», «Bayer», «Purolite» и других. Предлагаемые зарубежные слабоосновные аниониты могут быть стирольные и акриловые, гелевой и макропористой структуры.

R связи с этим препставляется цеобуспимым изущение свойств испи-

разных фирм и выбор наиболее оптимального варианта для обработки воды нашего региона.

В лабораторных условиях на кафедре ТВТ филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском проводилось исследование ряда слабоосновных анионитов: Purolite A 847S, Amberlite IRA 67, Lewatit 1072, Dowex 66, Lewatit S 4528, Lewatit MP 62.

Исследования проводились на лабораторной установке, состоящей из ёмкости с исходной водой, трех колонок с ионитами и резервуаров для сбора фильтратов. На установку подавалась вода после 1 ступени Н-катионирования Волжской ТЭЦ-2. Скорость фильтрования составляла 4 см³/мин (0,56 м/ч), отключение колонок на регенерацию осуществлялось по проскоку хлоридов (до их концентрации 8 мг/дм³).

В ходе фильтроциклов в фильтратах определялись следующие показатели качества: pH, содержание хлоридов и окисляемость. В регенерантах определялась окисляемость. Результаты представлены в виде выходных кривых. Полученные зависимости позволяют судить о различиях в поведении каждого анионита в ходе фильтроцикла. Установлено, что при одинаковых условиях эксплуатации (Н-катионированная вода, скорость фильтрования, объем и геометрия слоя анионита) величина фильтроцикла и сорбция органики у гелевых анионитов выше для Purolite A 847S, а у макропористых анионитов фильтроцикл и сорбция органики больше у Lewatit MP 62.

Важным параметром при выборе анионитов является степень удаления органических веществ из фильтрующего материала при регенерации. Проблема отравления анионитов органикой существует на всех водоподготовительных установках.

Нами была предпринята попытка оценить два варианта регенерации слабоосновных анионитов: отдельной (4 % NaOH) и, так называемой, «развитой» (отработавший регенерационный раствор с сильноосновного анионита: 2 % NaOH, содержащий SiO_2 и CO_3^{2-}).

Полученные результаты показывают, что степень десорбции органических веществ выше при «развитой» регенерации. Для гелевых анионитов лучшая степень десорбции органики, по результатам исследования, у Purolite A 847S. Для макропористых – у Lewatit MP62.

Таким образом, выполненные исследования показали, что для схем обессоливания станций региона наиболее подходящим слабоосновным анионитом гелевого типа с акриловой матрицей является анионит Purolite A 847, а из макропористых анионитов со стиролдивинилбензольной матрицей предпочтение можно отдать Lewatit MP 62.

НЕКОТОРЫЕ ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ЖЕЛЕЗА В ВОЗВРАТНОМ КОНДЕНСАТЕ КОТЕЛЬНОЙ ОАО «ВАТИ»

Болдырева А.Н. – студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Одоевцева М.В.** – канд. техн. наук, доцент

Сегодня на ОАО «ВАТИ» формируется около 3 т/ч конденсата, который не может применяться далее в производственном цикле в связи высоким содержанием железа. Концентрация железа в конденсате — 800 мг/л. Представляет

интерес рассмотреть возможность регулирования качества конденсата с использованием двух направлений: 1) реконструкция действующей схемы водоподготовительной установки за счет использования Na-Cl-ионирования; 2) создание конденсатоочистки. Так как получаемый конденсат сегодня, в связи с высоким содержанием окалины, не удается даже отфильтровать, то, вероятно, эти два направления целесообразно реализовывать одновременно.

Надежность работы поверхностей нагрева котельных агрегатов и систем теплоснабжения зависит от качества питательной и подпиточной воды.

Основной задачей подготовки воды в котельных является борьба с коррозией и накипью. Коррозия поверхностей нагрева котлов подогревателей и трубопроводов тепловых сетей вызывается кислородом и углекислотой, которые проникают в систему вместе с питательной и подпиточной водой.

Технологию обработки воды следует выбирать в зависимости от требований к качеству пара, питательной и котловой воды, от качества сбрасываемых стоков, а также от качества исходной воды.

Число ступеней катионирования определяется требованиями к обработанной воде. Так, для паровых экранированных котлов, где требуется глубокое умягчение воды, целесообразно применение схемы двухступенчатого Na-катионирования; для горячего водоснабжения, если требуется частичное умягчение воды, достаточно одной ступени катионирования.

Действующая схема водоподготовки котельной ОАО «ВАТИ» не позволяет удалить из воды бикарбонат ион НСО , продуктом разложения которого является углекислота. Так как удаление из воды растворенной свободной углекислоты и степень термического разложения бикарбоната натрия в значительной мере зависят от величины бикарбонатной щелочности исходной воды, полное удаление СО в деаэраторе невозможно, потому что это происходит при щелочности исходной воды до 0,65 мг-экв/л. Щелочность воды, поступающей на ВПУ котельной, составляет 1,5 мг-экв/л. Таким образом, углекислота не удаляется, а поступает вместе с водой на производство, что вызывает коррозию металлических поверхностей оборудования основного производства и рано или поздно приводит к необходимости замены оборудования. Замена оборудования связана с большими капитальными затратами. Этого можно избежать, если НСО будет удаляться на водоподготовительной установке. Снизить концентрацию свободной углекислоты удастся путем включения в схему умягчения воды хлор-ионитного фильтра. Тогда вода будет готовиться по схеме натрий-хлор-ионирования.

Проведен сравнительный расчет действующей и предлагаемой схемы с использованием натрий-хлор-ионитных фильтров. Полученные данные свидельствуют, что при использовании предлагаемой схемы среднечасовой расход на собственные нужды установки составит 1,072 м³, что в 1,5 раза превышает расход для действующей сегодня установки. Увеличение затрат на собственные нужды компенсируется повышением качества конденсата за счет удаления на хлор-ионитных фильтрах ионов НСО₃. Это позволит увеличить срок службы

основного производственного оборудования и снизить содержание железа в возвратном конденсате.

Для снижения концентрации продуктов коррозии в конденсате в действующей схеме необходимо запланировать установку дополнительного намывного механического фильтра с использованием в качестве фильтрующего слоя целлюлозы.

РЕАЛИЗАЦИЯ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ПРОГРАММЫ «ВОЗРОЖДЕНИЕ ВОЛГИ»

Грибовская Ю.Ю. – студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Проскурякова Р.Г.* – доцент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

Экологическое состояние реки Волги постоянно ухудшается за счет сброса в неё загрязненных сточных вод.

Волга не только зарастает, но и мелеет. В октябре-ноябре 2005 года в нижнем бъефе реки были зафиксированы критические отметки уровня воды.

Для очистки загрязненных сточных вод перед сбросом их в р. Волгу в г. Волгограде имеются единственные в городе канализационные очистные сооружения, расположенные на острове Голодный.

На состояние окружающей среды большое влияние оказывают: прудынакопители (испарители), шламонакопители, иловые пруды, в которые сбрасываются недостаточно очищенные и не очищенные сточные воды, свалки промышленных и бытовых отходов, где размещаются отходы 2-5 классов опасности для окружающей среды, автомобильный транзитный транспорт.

Реализация ФЦП «Возрождение Волги» осуществляется в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 апреля 1998 г. № 414. Программа утверждена Правительством на период до 2010 года.

Основными целями Программы являются: коренное улучшение экологической обстановки и сохранение природных комплексов Волжского бассейна; переход региона к устойчивому развитию в увязке с биологическими возможностями природной среды путем поэтапного перехода от ресурсорасточительных и энергоемких технологий хозяйственной деятельности сегодняшнего дня к энерго- и ресурсосберегающим малоотходным и замкнутым технологическим циклам.

Основными особенностями ФЦП «Возрождение Волги» являются: бассейновый принцип решения социально-экономических задач с учетом необходимости коренного улучшения экологической обстановки; сквозное рассмотрение основных мероприятий по оздоровлению экологической обстановки; координирующая роль программы по отношению к другим федеральным и государственным научно-техническим программам, действующим на территории Волжского бассейна.

Цели программы достигаются путем поэтапного выполнения программных мероприятий по 10 направлениям, в том числе: создание системы мониторинга окружающей среды и развитие геоинформационных систем (ГИС); экологическое образование, воспитание и информация населения.

Разработан комплекс мероприятий и принципов управления для рационального использования водных ресурсов бассейна р. Волги. Разработан пакет нормативно-правовых документов. По отдельным документам приняты законы и постановления правительства Российской Федерации.

Наиболее важными подпроектами являются: создание мобильных и стационарных образцовых лабораторий контроля качества воды; создание высокоэффективных сорбентов для очистки сточных вод и подготовки питьевой воды; создание эффективных технологий деструкции сложных органических загрязнений промстоков; разработка методов и средств экспресс-мониторинга качества воды.

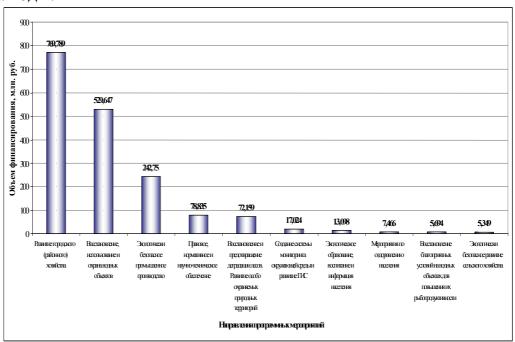


Рис. 1. Выполнение программных мероприятий ФЦП «Возрождение Волги» по направлениям в 2001 г.

За годы реализации Программы выполнен большой объем научноисследовательских работ в качестве научного сопровождения реализации основных программных мероприятий ФЦП «Возрождение Волги».

Мероприятия Федеральной целевой программы «Возрождение Волги» в Волгоградской области — берегоукрепление Волгоградского водохранилища; берегоукрепление на р. Волге у г. Волгограда; расчистка русла рукава Ахтубы; выращивание молоди сома и стерляди; работы по разведению и рациональному использованию речного рака в водоемах области; берегоукрепительные работы на Волге в районе с. Курнаевка; строительство полигона для захоронения твердых бытовых отходов в г. Краснослободске.

ВНУТРИЦИКЛОВАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Дурманова В.Е. – студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Нечаева З.Т.* – ст. преподаватель филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

При сжигании органического топлива в атмосферу поступает большое количество дымовых газов, содержащих оксиды азота, серы, углекислый газ, различные углеводороды и др., вредно действующие на растительный и животный мир. В связи с этим возникает необходимость в использовании экологически чистого топлива.

Для получения экологически чистого топлива применяется газификация топлива. Существует множество методов, разработанных в различных странах (США, Германия, Япония и др.) и в НИИ РАН.

Особое место занимает углекислотная газификация. В данной работе рассматривается два способа углекислотной газификации.

Первый — метод углекислотной газификации топлива в кипящем слое, разработанный в Институте нефтехимического синтеза РАН (Россия). В этом методе основным реагентом является диоксид углерода, взаимодействующий с углеродом топлива по реакции

$$C + CO_2 = 2CO - 172,5 MДж/кмоль.$$

Так как эта реакция эндотермична, тепло в зону реакции подводится твердым поглотителем диоксида углерода. Поглотитель содержит свободный диоксид кальция, который в зоне реакции взаимодействует с CO_2 :

$$CaO + CO_2 = CaCO_3 + 180 \text{ МДж/кмоль}.$$

Образовавшийся карбонат кальция вместе с непрогазифицировавшим остатком угля из газификатора по пневмотранспортной линии поступает в регенератор, куда подается воздух. При сжигании угля температура в регенераторе повышается до значений, достаточных для разложения карбоната кальция и образования CaO.

Процесс углекислотной газификации по методу ИНХС РАН проводится при давлении 1-1,2 МПа; температура в газификаторе 800-820 °C; в регенераторе – 1000-1200 °C. Время пребывания твердого топлива в газификаторе 0,5-1 с.

Второй – метод CO_2 – акцептор (Америка). Здесь диоксид углерода образуется при взаимодействии топлива с водяным паром. В процессе ИНХС РАН в газификатор для этой цели вводится извне специальный поток диоксид углерода, количество которого составляет 20-40 % от расхода CO_2 на реакцию с углеродом топлива.

В результате российский метод является наиболее эффективным в техническом и технологическом оформлении и намного экономичней.

Парогазовые продукты полукоксования угля (смола и газ пиролиза) могут использоваться в качестве ценной товарной продукции, либо в качестве топлива на электростанциях с парогазотурбинными энергоблоками.

Таким образом, при углекислотной газификации твердого топлива достигается:

- высокая экономичность в процессах получения тепловой и электрической энергии;
 - возможность использования низкокачественного топлива в виде сырья;
- уменьшение вредного воздействия на окружающую среду (количество дымовых газов, сбрасываемых в атмосферу снижается в 10 раз).

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ АЭС СРЕДСТВАМИ ВХР

Лупикова О.В. – студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Проскурякова Р.Г.* – доцент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

Атомная энергетика должна играть отведённую ей роль в энергообеспечении стран мира. В основе этого утверждения лежит следующее:

- 1) ограниченность запасов органического топлива и экологическая неприемлемость энергоисточников на этом топливе. На сжигание 1 т угля тратится 2 т O_2 + выбросы;
- 2) невозможность создания и освоения в обозримом будущем альтернативных источников энергии, сравнимых по общей мощности с ТЭС и АЭС;
- 3) невозможность полностью компенсировать мощность АЭС рациональным ресурсосбережением;
- 4) разработка и освоение нового поколения энергетических ядерных реакторов с пассивными системами защиты;

Опыт эксплуатации одноконтурной АЭС с реактором типа РБМК-1000 показывает, что, несмотря на использование коррозионно-стойких материалов для изготовления оборудования и трубопроводов КМПК, за сутки в ТН переходит 60-100 г продуктов коррозии с внутренних поверхностей КМПЦ. Из конденсатно-питательного тракта в КМПЦ с питательной водой поступает 250-400 г продуктов коррозии в сутки. Продукты коррозии на поверхностях активной зоны активизируются в нейтронном потоке. Это приводит к радиоактивному загрязнению трубопроводов и оборудования КМПЦ.

Одной из важнейших задач BXP AЭC, наряду с обеспечением бесперебойной выработки электрической энергии, является борьба с отложениями в активной зоне реактора и в ПГУ. Необходим правильный выбор BXP и средств его поддержания для обеспечения надёжной работы оборудования. Разработан новый подход к модернизации действующих и проектированию новых ПГУ, основанный на совместном анализе происходящих в них тепловых, гидродинамических процессов и распределения в водяном объёме примесей, и обеспечивающий как лучшее качество пара, так и меньшее поступление растворимых примесей к парогенерирующим поверхностям. Исследования промышленных ПГУ свидетельствуют о существенной неравномерности распределения примесей в водяном объёме. Процессы теплопередачи, гидродинамики и распределения примесей оказываются взаимосвязанными.

Обычно ступенчатое испарение и промывка пара питательной водой рассматриваются как два теплотехнических способа получения чистого пара. В первую очередь нужно говорить о ступенчатом испарении как о методе, призванном уменьшить суммарное поступление примесей к испарительным поверхностям нагрева контура многократной принудительной циркуляции КМПУ. Перетоки в водяном объёме современных ПГУ являются относительно устойчивыми, что обеспечивает и относительную устойчивость распределения примесей. Положительную роль ступенчатое испарение должно играть, если ПГУ изначально сконструировано из нескольких отдельных элементов или корпусов.

Одна из последних творческих идей проф. Т.Х. Маргуловой заключается в предложении использовать метод ступенчатого испарения для многокорпусных ПГУ АЭС. Для ВВЭР-1000 предложено выделить в I ст. использовать 3 ПГУ, а четвертый сделать II ст. С солей в продуваемой воде при ее относительной значимости p=0,5% составляет $S_{\rm пp}=201S_{\rm KB}$ для всех ПГУ при их параллельной работе или только для одного ПГУ, если его включить как II ст. испарения. С солей в воде, выводимой из 3 ПГУ I ст. для питания ПГУ II ст. составит по балансу $<3,5S_{\rm пв}$. I ст. испарения будет давать существенно лучший пар и в количестве почти в 3 раза больше, чем II ст. Параметры теплоносителя во всех четырех ПГ и их тепловые мощности остаются прежними, такими же, как в исходной схеме.

РЕГЕНЕРАЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Панкова В.В. – студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. **Нечаева З.Т.** – ст. преподаватель филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском

Трансформаторное масло применяется для заполнения электрических трансформаторов, масляных выключателей и других высоковольтных аппаратов, где оно используется как изолирующая и теплоотводящая среда для гашения электрической дуги, возникающей между токоведущими элементами.

В процессе эксплуатации масло подвергается воздействию кислорода воздуха, воды и водяного пара, высоких напряжений, температур и т.д. В результате этого происходит процесс старения масла: окисление с образованием водорастворимых

кислот и щелочей, возникает коррозионное воздействие масла на металлические элементы оборудования, снижается изоляционная способность и энергетическая прочность. При работе трансформаторов возникающие электрические дуги гасятся маслом, в котором образуются твердые частицы углерода, частицы разрушенной твердой изоляции и т.д. Шлам, осаждаясь на токоведущих частях, ухудшает теплообмен, снижает токопроводимость, что приводит к аварии. Для поддержания качества масла в заданных параметрах необходимо регулярно проводить контроль качества.

Ухудшение качества масла в процессе его эксплуатации до предельных значений приводит к необходимости смены масла с последующей его регенерацией, так как стоимость масла весьма велика.

Для регенерации масла применяются типовые регенерационные установки, стационарные и передвижные. На электростанциях широкое применение получили маслорегенерационные установки, работающие по методу «кислота-земля». Восстановление масла по этому методу состоит из следующих этапов:

- 1) предварительная механическая очистка масла от влаги и других веществ, находящихся во взвешенном состоянии;
- 2) обработка серной кислотой для удаления продуктов старения, находящихся в масле в растворенном или диспергированном состоянии;
- 3) удаление образовавшегося кислого гудрона и очистка масла от взвешенной гудронной пыли;
- 4) обработка природными сорбентами (отбеливающей землей) для полного удаления из масел следов гудронной пыли и продуктов старения.

Регенерация масла в трансформаторах проводится с применением адсорбционных методов очистки как при ревизии трансформаторов, так и на работающем оборудовании без снятия нагрузки.

При ревизии трансформаторов без доставки их в ремонтные организации регенерацию масла проводят после снятия с него напряжения. Масло из трансформатора забирается насосом и подается на фильтрацию через фильтрпресс, где от масла отделяются механические примеси. Затем фильтрованное масло через электронагреватель поступает в адсорбер и далее собирается в емкости регенерированного масла.

Регенерация масла в трансформаторах под напряжением производится с помощью адсорбционной установки, подключаемой к работающему трансформатору. Масло из трансформатора проходит через электроподогреватель в адсорбер, затем через фильтрпресс поступает в бак-расширтитель, откуда возвращается в трансформатор. Контроль за ходом процесса регенерации осуществляется путем анализа проб масел, отбираемых до и после адсорбера. Конец регенерации устанавливается по результатам химического анализа восстановленного масла.

В результате регенерации не только увеличивается срок службы масла и сокращается его расход, но одновременно увеличивается надежность и межремонтный период работы аппаратов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ROSA 6.1 ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УСТАНОВОК ОБРАТНОГО ОСМОСА

 $\pmb{Hep\phiunbee}\ \pmb{A.B.}$ — студент филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. $\pmb{Odoeвцeвa}\ \pmb{M.B.}$ — канд. техн. наук, доцент

Одними из наиболее прогрессивных методов очистки воды являются мембранные методы, в том числе обратный осмос. Приложение ROSA предназначено для проектирования и расчета мембранных установок.

Рассматриваемая компьютерная модель предлагает специалистам по водоподготовке провести исследования с учетом конкретного химического состава исходной воды, её солесодержания, значений рН и температуры. С учетом состава исходной воды производится расчет на возможность выпадения осадков, а также рассчитывается доза реагентов, необходимая для предотвращения их образования.

Компьютерная модель позволяет составлять различные схемы соединения установок обратного осмоса с разным количеством корпусов, количеством и типом мембран, с рециркуляцией заданного объема пермиата и концентрата, с установкой декарбонизатора или без него и промежуточным дозированием реагентов.

В процессе работы с приложением ROSA 6.1 выяснилось, что рециркуляция концентрата несколько негативно влияет на качество пермиата, так как смесь, попадающая в установку, имеет повышенное солесодержание. Солесодержание пермиата увеличивается в 3,9 раз при рециркуляции 3 % суммарного потока. Кроме того, при рециркуляции концентрата необходимо немного увеличить давление на входе в установку для обеспечения требуемой производительности (4 % для рециркуляции 33 %). Применение данного технологического решения имеет смысл при подаче малозасоленного концентрата второй ступени в линию сырой воды. В результате мы получаем снижение количества стоков. Нужно отметить, что концентрат второй ступени имеет солесодержание примерно в 20 раз ниже, чем у исходной воды, но при рециркуляции пермиата показатели качества последнего не изменяются. Также не изменяется и необходимое давление на входе в установку. Применение промежуточного декарбонизатора и дозирование реагентов позволяют регулировать LSI и SDI и сформировать условия, предотвращающие образование отложений на второй стадии очистки.

Применение компьютерной модели ROSA 6.1 позволяет значительно сократить временные затраты на проектирование водоподготовительных установок и исключить вероятные ошибки. Однако модель ROSA 6.1 имеет ограничения и не всегда позволяет спроектировать некоторые схемы, встречающиеся на практике.

Была разработана схема двухступенчатой обработки воды на аппаратах обратного осмоса. Концентрат после первой и второй ступеней смешивается с исходной водой. Такая схема способна заменить первую ступень обессоливания.

Ее характеристики:

- производительность $-300 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- расход исходной воды $-446 \text{ м}^3/\text{ч}$;

- солесодержание пермиата -0.08 мг/л;
- солесодержание концентрата 2646 мг/л;
- количество мембран 480 на 1 стадии и 240 на 2 стадии;
- тип мембран BW30-360;
- рабочая поверхность 16 276 м²;
- исходная вода вода реки Волги, прошедшая предочистку.

УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПРЕДОЧИСТКИ ВОДЫ

Серова Н.Н. – студентка филиала «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском Науч. рук. *Одоевцева М.В.* – канд. техн. наук, доцент

Все больше внимания в настоящее время уделяется поиску новых перспективных методов очистки воды, более компактных, дешевых, простых в эксплуатации по сравнению с традиционными.

Ультрафильтрация — это мембранный процесс обработки воды, занимающий промежуточное положение между нанофильтрацией и микрофильтрацией. Ультрафильтрационные мембраны имеют размер пор от 0,002 до 0,1 мкм и позволяют задерживать тонкодисперсные и коллоидные примеси, макромолекулы (нижний предел молекулярной массы составляет несколько тысяч), водоросли, одноклеточные микроорганизмы, цисты, бактерии и вирусы.

Современные ультрафильтрационные мембраны могут обрабатывать воду с любой мутностью (до 1 000 мг/л), они не боятся высокой цветности и бактерий, могут работать в широком диапазоне рН (от 2 до 12), устойчивы к воздействию окислителей. Это позволяет использовать их для самых различных целей — очистки поверхностных и подземных вод, предочистки перед обратным осмосом, обезжелезивания, очистки воды в плавательных бассейнах, улучшения качества водопроводной воды и доочистки сточных вод.

Опыт эксплуатации обратноосмотических установок показал зависимость надежности их работы от качества предочищенной воды. Для предотвращения образований отложений на мембранах и, следовательно, необходимости частой замены фильтрующих элементов в ФТО требуется тщательная наладка оборудования и технологии предочистки. В качестве предочистки может использоваться как традиционная система, так и мембранная технология — ультрафильтрация.

Традиционная система предочистки, включающая в себя коагуляцию и механическое фильтрование, вполне пригодна для ионообменной обработки (особенно если предусмотрена систематическая взрыхляющая промывка ионитов), однако малопригодна для обратноосмотического обессоливания, сильно зависящего от содержания в воде взвесей, коллоидов и органических веществ.

Метод ультрафильтрации используется как наиболее эффективный метод предподготовки воды перед обратным осмосом.

Использование ультрафильтрации для очистки воды позволяет, при неизменном солевом составе, осуществить её осветление и обеззараживание путем задержания коллоидов и вирусов без применения химических реагентов, что обеспечивает экологичность этой технологии, также дает гарантию высокого качества очищенной воды, несмотря на сезонные колебания качества воды.

Применение ультрафильтрации в качестве предочистки перед обратноосмотическим обессоливанием стабилизирует качество исходной воды и сокращает расходы на предочистку, повышая конкурентоспособность обратноосмотической технологии.

Используя ультрафильтрацию вместо традиционной схемы водоподготовки, включающей коагуляцию, отстаивание и многоступенчатое фильтрование, можно получить воду с очень низким содержанием взвешенных и коллоидных веществ и в результате повысить производительность и продолжительность службы обратноосмотических мембран, сократить частоту их химических промывок.

Одним из критериев надежности и эффективности современных мембранных систем является наличие правильного подхода к технологии их создания и эксплуатации. Накопленный к настоящему времени опыт конструирования мембранных систем отводит проблемы дизайна, конструктивного (технического) оформления на второй план. Основополагающим фактором успешной работы мембранной установки становятся технологические знания: в первую очередь, это правильный выбор типа мембран и схемы очистки, во-вторых, точное определение эксплуатационного режима работы ультрафильтрационной установки.

Существующая математическая модель ультрафильтрационной установки позволяет рассчитать как конструктивные, так и технологические её параметры: поверхность мембраны и поток, которые взаимосвязаны между собой.

$$J = k \ln(c_g/c_b); \quad A_{\text{поверхн}} = q_p / J,$$

где J – поток; k – коэффициент массопереноса; c_g – максимальная концентрация растворенного вещества у поверхности мембраны; c_b – концентрация растворенного вещества в объеме исходного раствора; $A_{\rm поверхн}$ – поверхность мембраны; q_p – скорость потока пермиата.

Применение математической модели показывает, что при увеличении скорости сырья в модуле увеличивается поток и уменьшается поверхность мембраны. Это позволит выбрать оптимальную схему установки, облегчить стадию проектирования и уменьшить эксплуатационные затраты, определить время достижения заданной степени концентрации компонентов исходного раствора, состав концентрата по компонентам на входе и состав пермиата на выходе, а также продолжительность установки по концентрату и пермиату.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция № 1

| Максин В.В., Капля Е.В. Разработка механизма перемещения видеокамер в системе контроля состояния рыб бассейнового содержания | 29 |
|---|-----|
| Родикова А.Ю., Шевчук В.П. Моделирование переходных процессов | |
| динамических характеристик котла-утилизатора П-103 Сочинской ТЭС | 30 |
| Савченко С.Г., Шамигулов П.В. Разработка и исследование | |
| универсального цифрового блока динамических преобразований | 31 |
| Терлянский А.В., Мокичева Ю.В. Сравнительный анализ теоретических и экспериментальных моделей пароперегревателя котла ТПП-210 | |
| Уланов В.А., Уланов А.Г. Разработка системы автоматического управления возбуждения синхронных электрических машин | 34 |
| Секция № 3 | |
| Гидродинамика и тепломассообмен в каналах и элементах | |
| энергетических установок | |
| <i>Архангельская С.М., Силичева Г.С.</i> Удаление шлама и микропузырьков | 27 |
| воздуха из тепловых сетей при помощи сепараторов | |
| <i>Кругляков М.С., Сухоруков Г.С.</i> Тепло- и гидроизоляция плоской кровли | 39 |
| Наурзалиева Е.Ю., Грошев А.И. Комбинированная система горячего водоснабжения административного здания | 41 |
| Никифоров Д.А., Силичева Г.С. Необходимость независимой экологической экспертизы промышленных объектов | 42 |
| Никифоров Д.А., Староверов В.В. Энергосбережение и экономия ТЭР в котлоагрегатах | 43 |
| Панков В.С., Силичева Г.С. Сточные воды промышленных предприятий и их влияние на водоёмы | 45 |
| Панков В.С. Комбинированная система использования остаточного тепла локальной дизель-генераторной установки | 46 |
| Пьных Р.В., Грига А.Д. Растворимость газов в жидкостях | 48 |
| <i>Сидоренко Е.Е., Потапова Г.Б.</i> Определение коэффициента | 70 |
| сопротивления плавного поворота | 49 |
| Стрижова Е.А., Грошев А.И. Разработка системы управления гидравлическими процессами для передвижной | |
| дизель-электростанции мощностью 50 кВт | 51 |
| <i>Худяков К.В., Чиж В.О., Грига А.Д.</i> Вихревой эффект, уточнение расчётной методики | 52 |
| Чиж В.О., Костин К.Е. Разработка конструкции вихревой трубы для повышения КПД | 53 |
| Секция № 4 | |
| Информационное и программное обеспечение в учебном процессе | |
| Бутенко С.Н., Рыбанов А.А. Разработка и исследование инвариантной схемы базы данных системы автоматизированного проектирования | 5.0 |
| тестовых заланий | 56 |

| Вахнович С.В., Рыбанов А.А. Анализ моделей и методов оценки знаний | 58 |
|---|------|
| Воровальницев В.К., Рыбанов А.А. Разработка и исследование | |
| математических моделей системы автоматизированного проектирования | |
| электронных обучающих комплексов. | . 59 |
| Козлаков В.С., Абрамова О.Ф. Программа-параметризатор как элемент | |
| обучения дисциплины «Основы САПР» | . 60 |
| Костецкий И.В., Рыбанов А.А. Разработка и исследование моделей и | |
| алгоритмов автоматизированного рабочего места заведующего кафедрой | . 61 |
| <i>Макаров А.А., Васильев П.Д.</i> Система добровольной сертификации ECDL | .63 |
| Романов М.В., Рыбанов А.А. Коррекция оценки тестовых заданий с учётом динамики формирования конечного ответа | . 64 |
| <i>Такташев Р.Н., Васильев П.Д.</i> Адаптация лабораторного комплекса Pi-lab | |
| к учебному процессу в филиале «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском | .65 |
| Чахоян Л.Ю., Рыбанов А.А. Анализ и разработка алгоритмов системы | |
| контроля и оценки знаний тестовых заданий открытой формы | 67 |
| Секция № 5 | |
| Энергоснабжение предприятий | |
| Галкин В.А., Ветлицын Ю.А. Использование частотно-регулируемого | |
| привода для управления насосными агрегатами системы | |
| водоснабжения г. Волжского | .69 |
| Грозных В.А., Васильев П.Д. Энергосберегающие мероприятия | |
| при выращивании монокристаллов карбида кремния в системе | |
| автоматического регулирования | 71 |
| Деревянкин М.В., Сафронова С.В., Васильев П.Д. Перспективы | |
| частичной децентрализации энергосбережения г. Волжского | .72 |
| <i>Кругляков М.С., Васильев П.Д.</i> Оптимизация работы с клавиатурой | |
| мобильного телефона. | 73 |
| Логвинов А.И., Мельников В.П. Перспективные магнитные технологии | 74 |
| Макаров А.А., Ветлицын Ю.А. Оптимизация режимов работы | |
| насосной станции 3-го подъёма г. Волжского | . 76 |
| Некрасова В.И., Маликова М.С., Васильев П.Д. Методы | |
| диагностического обследования трансформаторного оборудования | .77 |
| Овдиенко Е.С., Филимонов И.В., Саразов А.В. Применение | |
| ветроэнергетических установок | . 79 |
| Пальчиков А.С., Васильев П.Д. Исследование теплообмена в трубах | |
| эллиптического сечения | . 80 |
| Реснянская А.А., Сухоруков Г.С. О гидроэлектростанциях | . 82 |
| Стаценко А.А., Васильев П.Д. Численное моделирование процессов | |
| полтопления территории промышленной зоны г. Волжского | 83 |

| Такташев Р.Н., Васильев П.Д. Совершенствования системы подогрева | |
|--|------|
| резервуаров хранения жидкого топлива на основе данных численных | |
| экспериментов | 85 |
| <i>Такташев Р.Н., Васильев П.Д.</i> К вопросу об оптимальной раскладке трёхъязычной клавиатуры | . 86 |
| Усатый Р.Ю., Мельников В.П. Механизм рассеяния энергии в диэлектриках | 87 |
| Филимонов И.В., Овдиенко Е.С., Саразов А.В. Энерго-экологический производственный комплекс | 88 |
| Чечина Б.Г., Мельников В.П. Применение лазеров | 89 |
| Шевцова Е.В., Саразов А.В. Водород – энергия будущего | 90 |
| Секция № 6 | |
| Технологические процессы в машиностроении, химии, строительстве, энергетике и их влияние на экологию и природопользование | |
| Барышников Р.М., Щепоткина А.В., Гончарова Л.К. Особенности | |
| регенерации слабоосновных анионитов А-1 ступени химобессоливания | 92 |
| Болдырева А.Н., Одоевцева М.В. Некоторые пути снижения примесей железа в возвратном конденсате котельной ОАО «ВАТИ» | 93 |
| <i>Грибовская Ю.Ю., Проскурякова Р.Г.</i> Реализация Федеральной целевой программы «Возрождение Волги» | 95 |
| Дурманова В.Е., Нечаева З.Т. Внутрицикловая газификация | 07 |
| твёрдого топлива | 97 |
| Пупикова О.В., Проскурякова Р.Г. Повышение эксплуатационной надёжности и безопасности АЭС средствами ВХР | 98 |
| Панкова В.В., Нечаева 3.Т. Регенерация трансформаторного масла | 99 |
| Перфильев А.В., Одоевцева М.В. Использование приложения ROSA 6.1 при проектировании установок обратного осмоса | 101 |
| Серова Н.Н., Одоевцева М.В. Ультрафильтрация как перспективный | • • |
| метод предочистки воды | 102 |
| | |

ТРИНАДЦАТАЯ МЕЖВУЗОВСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ

г. Волжский, май-июнь 2007 года

Тезисы докладов

Tom 5

Редакторы Халдеева Г.П., Юрина В.В.

Подписано в печать 10.06.2008. Формат $60\times90_{1/16}$. Печать ризографическая. Усл. печ. л. 6,7. Тираж 100 экз. Заказ № 292.

Издатель Филиал ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском 404110, г. Волжский, пр. Ленина, 69.

Отпечатано Филиал ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском 404110, г. Волжский, пр. Ленина, 69.