

Министерство образования и науки Российской Федерации

Алтайский государственный технический  
университет им.И.И.Ползунова

## **НАУКА И МОЛОДЕЖЬ**

2-я Всероссийская научно-техническая конференция  
студентов, аспирантов и молодых ученых

**СЕКЦИЯ**

**ЭНЕРГЕТИКА**

Барнаул – 2005

ББК 784.584(2 Рос 537)638.1

2-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и молодежь". Секция «Энергетика». / Алт.гос.техн.ун-т им. И.И.Ползунова. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2005. – 129 с.

В сборнике представлены работы научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, проходившей в апреле 2005 г.

Ответственный редактор к.ф.–м.н., доцент Н.В.Бразовская

© Алтайский государственный технический университет им.И.И.Ползунова

## СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ»

### ОБЗОР АВАРИЙНОСТИ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЕЕ ОГРАНИЧЕНИЮ В ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ Г. БАРНАУЛА

Аверин Р.Ю., Аксенов А.В., студенты гр. Э-04,  
Мусин А.Х., д.т.н., профессор

За последние годы в электроэнергетике России произошли радикальные перемены, возникло множество экономических и технических проблем, оказывающих негативное влияние на надежность электроснабжения. Современное состояние экономики вызвало резкое сокращение объема инвестиций в электроэнергетику, что привело, в частности, к снижению темпов ввода нового электрооборудования. В связи с этим становится актуальным вопрос о прогнозировании аварийности электрооборудования и продлении сроков его службы сверх принятого нормативного ресурса.

Особую актуальность имеют эти вопросы для находящегося в критическом состоянии жилищно-коммунального хозяйства страны, в частности, для распределительных электрических сетей напряжением 6-10кВ городов.

Основной задачей персонала предприятия «Алтайкрайэнерго» в сложившихся условиях является поддержание электрических сетей в работоспособном состоянии, износ которых на сегодня составляет 67%. Основным показателем, характеризующим уровень работоспособности электрических сетей, является аварийность. Изучение аварийности целесообразно с точки зрения выявления причин и разработки мероприятий по ее ограничению на некотором приемлемом уровне. Говоря о приемлемом уровне аварийности, авторы исходят из концепции приемлемого риска [1], где уровень приемлемого риска определяется уровнем развития экономики, науки и техники сегодняшнего дня.

Ниже приводятся сведения об аварийности в распределительных электрических сетях 6-10кВ города Барнаула.

Анализ статистических данных показывает, что повреждаемость кабелей в течение года непостоянна. Имеется три характерных пика повреждаемости, чередующихся со спадами: первый приходится на апрель, второй на июль, третий (меньше первых двух) – на октябрь. Пики повреждаемости возникают с периодичностью в три месяца. Перед первым пиком наблюдается период зимнего затишья.

Полученную зависимость повреждаемости кабелей от времени года можно объяснить следующим образом. Резкое повышение повреждаемости в апреле вызвано, в основном, общим потеплением погоды и связанными с ним неравномерным оттаиванием грунта и появлением паводковых вод, которые приводят к увеличению механических нагрузок на кабель (натяжение, провисание кабеля). Значительные деформации оболочки и изоляции сопровождаются появлением в них трещин, разрывов, расслоений и увлажнением изоляции. Все эти факторы приводят к ухудшению электрической прочности изоляции с последующим ее пробоем. При этом в изоляции возникают ослабленные места, постепенно переходящие в дефекты и, через некоторое время существования дефекта, проявляющиеся в виде второго пика повреждаемости в июле. Таким образом, причиной образования второго пика является развитие дефектов, не проявившихся в первом пике. Кроме того, второму пику способствует повышение температуры почвы в летний период, что для кабелей, проложенных в траншее, ухудшает условия охлаждения, что, в свою очередь, вызывает ускоренное развитие дефектов и пробой изоляции.

Второй пик повреждаемости, аналогично первому, приводит к появлению ослабленных мест и способствует, наряду с осенним увлажнением грунта, появлению третьего пика в октябре. После третьего пика интенсивность образования ослабленных мест снижается. При

этом в течение зимнего периода происходит накопление дефектов изоляции, не проявивших себя в виде повреждения до наступления весеннего потепления.

Таким образом, вероятность повреждения кабелей в данный момент времени зависит от ранее накопленных дефектов. Интервал между пиками равен примерно времени существования дефекта, то есть трем месяцам. Это дает возможность обоснованного планирования графика профилактических испытаний и технического обслуживания, запаса материалов и оборудования, численности персонала и определения его специализации. График испытаний необходимо планировать согласно распределению повреждаемости по месяцам года.

Повреждаемость воздушных линий имеет, также как и для кабельных линий, сезонный характер. Весной, в период общего увлажнения повреждаемость возрастает. После устранения дефектов в июне, повреждаемость снижается, затем опять увеличивается, что связано, видимо, с влиянием дождей. После устранения дефектов в августе повреждаемость опять снижается, достигая минимума в зимние месяцы.

Интересно отметить, что описанные статистические особенности повреждаемости распределительных электрических сетей носят устойчивый характер для многих населенных пунктов Алтайского края: Алейска, Славгорода, Новоалтайска и др. Знание этих особенностей позволяет разрабатывать обоснованные мероприятия по ограничению аварийности в распределительных электрических сетях.

#### Выводы

Повреждаемость распределительных электрических сетей 6-10кВ Алтайского края носит устойчивый характер.

Повреждаемость распределительных электрических сетей 6-10кВ в течение года непостоянна и носит сезонный характер.

Наибольшая повреждаемость имеет место в весенние месяцы.

Меры по ограничению аварийности должны учитывать сезонный характер повреждаемости.

#### Литература

1. Мусин А.Х. Системы электроснабжения городов: технология ресурсосберегающего обслуживания по реальной потребности. Научно-производственное издание /Алт. гос. техн. ун-т им. И.И.Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1999.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ДУГОВОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Полухин О.В. – доцент кафедры ЭТОЭ

Герасимов А.Н. – студент гр. Э-03

Слаутин А.А., Сметанкин А.С. – студенты гр. Э-04

Разработанная в АлтГТУ технология обеспечения пожарной и электрической безопасности базирующаяся на автоматизированных методах выявления пожароопасных участков системы электроснабжения и выбора параметров защиты, для своего функционирования требует значений предельных характеристик пережога проводников электрической дугой короткого замыкания.

Существующие математические модели дугового короткого замыкания не позволяют получить точные значения характеристик пережога расчетным путем.

В целях формирования баз данных по характеристикам пережога различных типов электропроводок разработан метод исследования дугового короткого замыкания. В основе метода лежит физическое моделирование дугового короткого замыкания с использованием экспериментальной установки, позволяющей в автоматизированном режиме проводить контролируемые испытания электропроводки электрической дугой короткого замыкания.

Основными преимуществами данного метода являются:

зона образования искусственного короткого замыкания позволяет получать, как правило, дуговые короткие замыкания;

автоматизация процесса получения данных;

возможность исключения влияния апериодической составляющей тока короткого замыкания, искажающей результат измерения при малой длительности дугового разряда;

повышение точности за счет измерения тока к.з. непосредственно в процессе короткого замыкания;

возможность исследования пережигающего эффекта при длительности дугового разряда менее одного полупериода.

Экспериментальная установка представляет собой информационно-измерительную систему. Состав установки условно можно разделить на экспериментальную электрическую цепь и систему сбора и обработки информации.

Экспериментальная электрическая цепь включает в себя силовой трансформатор для питания экспериментальной цепи, ограничивающее ток сопротивление из манганина, испытательный стол с зоной образования искусственного короткого замыкания, коммутатор, осуществляющий функцию замыкания экспериментальной цепи в определенный момент времени.

Система сбора и обработки образована персональным компьютером, блоком сопряжения и специализированным программным обеспечением.

Блок сопряжения предназначен для обработки сигнала и передачи его в компьютер через параллельный порт, работающий в EPP-режиме. Блок сопряжения включает в себя блок аналоговой обработки сигнала и блок управления и преобразования;

Центральным элементом блока управления и преобразования является микроконтроллер ATmega16, осуществляющий функции управления блоком сопряжения, аналого-цифрового преобразования сигнала и обмена информацией с компьютером. ATmega16 представляет собой 8-разрядный RISC микроконтроллер, имеющий быстрое процессорное ядро, Flash-память программ ROM, память данных SRAM, порты ввода/вывода, 10-ти разрядный 8-канальный АЦП и другие периферийные устройства. Выбор данного микроконтроллера обусловлен, помимо прочего, имеющейся поддержкой режима фоновой отладки. В режиме фоновой отладки программный код исполняется самим целевым микроконтроллером, при этом достигается полное совпадение временных и электрических параметров системы в отладочном и штатном режимах. Управление фоновой отладкой осуществляется по JTAG-интерфейсу, имеющемуся в составе микроконтроллера. Устройством, реализующим протокол управления, является JTAGICE. JTAGICE также используется в качестве внутрисхемного программатора.

Программное обеспечение системы сбора и обработки информации включает управляющую программу микроконтроллера блока управления и преобразования и программу «ARIAS 3», содержащую интерфейс для управления системой сбора и обработки информации, модуль обработки информации, базу данных характеристик пережога проводов и кабелей.

## ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ЕМКОСТНОЙ ДАТЧИК ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНА

Федотов В.К., к.т.н., Тищенко А.И., д.т.н., профессор,  
Бевзов В.А., Афонин В.С., аспиранты

Для повышения качества выпускаемой продукции необходим контроль основных характеристик сырья на всех стадиях технологического процесса. И если до недавнего времени был достаточен выборочный контроль, то сегодня стоит вопрос о непрерывном автоматическом контроле, как характеристик сырья, так и режимов технологического процесса, что потребовало создания измерительных приборов непрерывного действия. Сказанное относится и к зерноперерабатывающей отрасли, в частности для измерения влажности зерна в потоке. Существующие электронные влагомеры зерна предназначены, в основном, для выборочного измерения влажности [1-2]. При контроле влажности зерна в потоке появляются дополни-

тельные погрешности, связанные с особенностью технологического процесса и свойствами контролируемого продукта. В частности, одним из основных мешающих факторов при измерении зерна с повышенной влажностью являются активные потери. Большое количество работ [3-4], посвященных устранению этой погрешности подтверждает наличие данной проблемы.

В ЗАО «Новые технологии» (г. Барнаул) была предпринята еще одна попытка разработать влагомер зерна свободного от указанного недостатка.

Измерительный преобразователь влагомера содержит LC-автогенератор с измерительным конденсатором в колебательном контуре. Поскольку емкость измерительного конденсатора является функцией диэлектрической проницаемости вещества, находящегося между его электродами, которая в свою очередь зависит от влажности этого вещества, то с изменением влажности вещества происходит изменение емкости измерительного конденсатора и, как следствие, изменение частоты генератора. Указанный принцип положен в основу емкостных влагомеров, широко используемых при контроле влажности зерна, в том числе и в потоке. Однако существующие емкостные влагомеры имеют общий недостаток – их погрешность существенно зависит от электрических потерь (электропроводности) контролируемой массы, от расположения элементов технологического оборудования относительно электродов измерительного конденсатора, от изменения емкостной и электрической связи контролируемой массы с общей точкой измерительной схемы (точка заземления).

Для устранения указанного недостатка за основу был взят измерительный преобразователь [6], содержащий высокочастотный автогенератор 1 (рис.1), выполненный по схеме двухтактного автогенератора, к симметричному выходу которого подключены два колебательных контура 2 и 3. Контура содержат соответственно индуктивности  $L_1$ ,  $L_2$  и общий измерительный конденсатор 4 с электродами 5 и 6, причем коэффициент связи между контурами  $K_{св} \rightarrow 0$ . Между электродами измерительного конденсатора 4 расположено контролируемое вещество 7. Частота измерительного автогенератора 1 определяется общей индуктивностью  $L_1$ ,  $L_2$  и емкостью  $C$  измерительного конденсатора 4. Емкость измерительного конденсатора, в свою очередь, зависит от диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  контролируемого вещества 7. На рис.2 дополнительно показано сопротивление утечки  $Z_k$  контролируемого вещества до общей точки измерительной цепи.

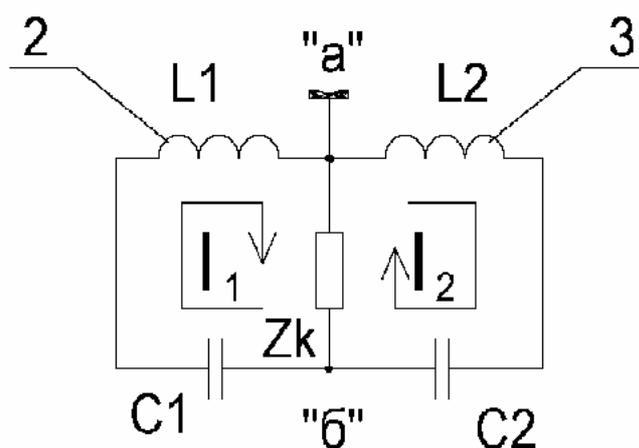
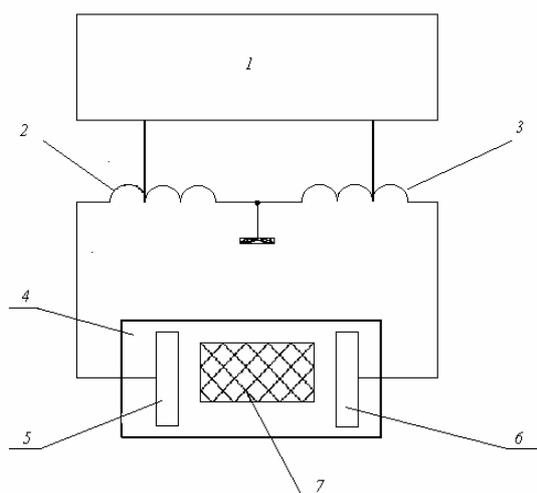


Рис.1. Измерительный преобразователь.

Рис.2. Колебательный контур измерительного преобразователя.

Сопротивление утечки  $Z_k$  в процессе измерения является непостоянной величиной и зависит как от проводимости контролируемого вещества (потерь, наличия примесей и пр.), так и от расположения металлических и электропроводящих элементов технологического оборуду-

дования относительно объема контролируемого вещества. Резонансные частоты каждого из контуров определяются формулами:

$$\omega_1 = 1/\sqrt{L_1 C_1}; \quad \omega_2 = 1/\sqrt{L_2 C_2}, \quad (1)$$

где  $L_1, L_2$  - соответственно индуктивность первого и второго колебательных контуров;  $C_1, C_2$  – соответственно емкость между электродами 5,6 с контролируемым веществом 7.

Частоты связи автогенератора определяются выражением:

$$\Omega_{1,2} = (\omega_1 + \omega_2)^2 \pm \sqrt{(\omega_1 + \omega_2)^2 - 4\omega_1^2 \omega_2^2 (1 - K_{св}^2)}, \quad (2)$$

где

$$K_{св} = \sqrt{K_1 K_2} \quad (3)$$

здесь  $K_1$  – степень связи первого контура со вторым, определяется отношением напряжений на элементе связи к напряжению на полной реактивности первого контура при разомкнутом втором контуре;  $K_2$ - степень связи второго контура с первым, определяется аналогичным образом, т.е.

$$K_1 = \frac{\Delta U}{UC_1 + \Delta U}; \quad K_2 = \frac{\Delta U}{UC_2 + \Delta U}. \quad (4)$$

При  $\omega_1 = \omega_2 = \omega_0$  получим:

$$\Omega_1 = \frac{\omega_0}{\sqrt{1 + K_{св}}}; \quad \Omega_2 = \frac{\omega_0}{\sqrt{1 - K_{св}}}. \quad (5)$$

Из выражений (5) следует, что частота автогенератора будет изменяться в зависимости от величины сопротивления контакта  $Z_k$ , которое является элементом связи между контурами; при  $K_{св} \rightarrow 1$  частота автогенератора будет неустойчива, при  $K_{св} \rightarrow 0$  получим  $\Omega_1 \rightarrow \omega_1$  и  $\Omega_2 \rightarrow \omega_2$ , т.е. при  $\omega_1 = \omega_2 = \omega_0$  получим  $\Omega_{1,2} \rightarrow \omega_0$ . Таким образом, условие  $K_{св} = 0$  является наиболее желательным при работе высокочастотного диэлькометрического измерителя неэлектрических величин. Определим условие, при котором выполняется требование  $K_{св} = 0$  измерительного автогенератора. Для этого, предполагая, что добротности контуров одинаковы, определим напряжение на элементе связи контура, выполненного в виде уравновешенного моста (Рис.2). Из рисунка следует, что:

$$\Delta U = \frac{I_1}{j\omega C_1 - I_2 j\omega L_1} = \frac{C_1 U}{C_1 + C_2} - \frac{L_1 U}{L_1 + L_2}, \quad (6)$$

а также:

$$UC_1 = \frac{C_2 U}{C_1 + C_2}; \quad UC_2 = \frac{C_1 U}{C_1 + C_2}. \quad (7)$$

Подставляя (6) и (7) в (4) получим:

$$K_1 = \frac{C_2 L_2 - C_1 L_1}{2C_2 L_2 + L_1(C_2 - C_1)}; \quad K_2 = \frac{C_2 L_2 - C_1 L_1}{C_1 L_1 + C_2 L_2}. \quad (8)$$

Формула (3) с учетом выражений (8) запишется так:

$$K_{св} = \sqrt{\frac{(C_2 L_2 - C_1 L_1)^2}{L_1 L_2 (C_2^2 - C_1^2) + 2C_2 L_2^2 (C_1 + C_2)}}.$$

Из полученного выражения следует, что коэффициент связи  $K_{св}$  равен нулю при  $C_2 L_2 = C_1 L_1$ , т.е. при использовании идентичных элементов в колебательном контуре, а это достаточно просто осуществляется практически. Условие  $K_{св} = 0$  предполагает, что контролируемое вещество 7 и общая точка колебательного контура находятся под нулевым потенциалом.

Таким образом, реализация измерительного преобразователя по схеме автогенератора, выполненного в виде двухтактного генератора с двумя идентичными колебательными контурами, позволяет исключить влияние нестабильности электрической связи  $Z_k$  контролируемо-

го вещества и общей точки измерительной цепи. Данное техническое решение положено в основу высокочастотного емкостного датчика влажности зерна. Реализация прибора осуществляется на базе указанного измерительного преобразователя и устройства измерения частоты.

Работа измерительного преобразователя осуществляется следующим образом. Сначала измеряют частоту измерительного автогенератора 1 с помощью частотомера, реализованного на основе микроконтроллера фирмы ATMEL AT90S2313. Затем вводят в измерительный конденсатор 4 контролируемое вещество 7. В зависимости от диэлектрической проницаемости вещества (то есть от его влажности) изменяется емкость измерительного конденсатора, а следовательно и частота измерительного генератора. По изменению частоты судят о контролируемом параметре. При этом электрическая проводимость контролируемого вещества и сопротивление утечки на общую точку измерительной цепи влиять не будут, т.к. само вещество будет находиться под нулевым потенциалом относительно этой общей точки.

Далее в лаборатории экспериментально набираются данные о соответствии влажности зерна частоте генератора. Данные в виде таблицы заносятся в память микроконтроллера и в дальнейшем используется им при работе. При необходимости эти данные могут быть изменены.

Макет такого влагомера был испытан в Целинном районе на Воеводской мельнице производительностью по зерну 50 т/сут.

Литература.

1. Поточный влагомер «Фауна П», <http://www.agrolepta.ru/Fauna-P.htm>.
2. Дубров Н., Невзолин Б., Каплий В. Влагомеры сыпучих материалов. В помощь радиолюбителю. Выпуск 50. Издательство ДОСААФ. 1975 г., стр.50.).
3. Краусп В., Рязов А. Прибор контроля влажности зерна. Журнал Радио № 12, 1971, стр.28-29).
4. Вахрушев В., Созин В. Измеритель температуры, освещенности и влажности почвы. Журнал Радио, 1978, №5, стр.26-27.
5. Авторское свидетельство № 371414. Емкостный датчик контроля диаметра микропровода.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Куликова Л.В., д.т.н., профессор,  
Разумов А.И., аспирант

Асинхронный электропривод в настоящее время является основной движущей силой для механизмов и приспособлений во всех сферах народного хозяйства. Действительно, он достаточно прост в обслуживании, дешев и надежен. Наиболее широко в отраслях сельского хозяйства используются электроприводы на базе асинхронных электродвигателей (55%-60% всей потребляемой энергии). Именно из-за широчайшего применения асинхронного электропривода его нерациональная эксплуатация ведет к огромным потерям электроэнергии и снижению КПД установок с его участием, а также ускоряет износ оборудования.

Рассмотрим две довольно обширные сферы народного хозяйства, где используется асинхронный электропривод.

Это вентиляция, или создание микроклимата, как в животноводческих помещениях, так и в теплицах и оранжереях.

Анализ потребности в энергии животноводческих и птицеводческих ферм в зависимости от вида и возраста животных, климатических условий, теплотехнических характеристик ограждающих конструкций помещений показал, что на долю обеспечения микроклимата приходится 40 – 75 % ее годового потребления. В растениеводстве, рассматривая самую энергоемкую отрасль, - тепличное растениеводство, годовое потребление электроэнергии на создание микроклимата составляет 77 % от общего.

Вторая обширная отрасль народного хозяйства это коммунальное хозяйство – водоснабжение населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов.

Как правило, на насосных станциях установлены электродвигатели с большим запасом по мощности в расчете на максимальную производительность оборудования, не смотря на то, что часы пиковой нагрузки составляют небольшую долю общего времени работы. В результате электродвигатели с постоянной скоростью вращения потребляют среднесуточно, иногда до 60% больше электроэнергии, чем это необходимо.

Отсюда следует, что основные резервы сбережения электроэнергии заключены в широкомасштабном применении энергосберегающих электроприводов.

Наиболее оптимальным, дающим экономию электроэнергии (до 30% - 50%) способом, является оснащение электродвигателей частотными преобразователями, позволяющими регулировать частоту их вращения в зависимости от реальной нагрузки.

Современные электронные устройства частотного регулирования обеспечивают плавное регулирование скорости вращения стандартных промышленных асинхронных электродвигателей мощностью от 0,37 до 630 кВт в широком диапазоне частот (от 0,1 до 500 Гц).

Но устанавливать частотные преобразователи на каждый электродвигатель, где непостоянная нагрузка, также нерационально.

Для наиболее оптимального эффекта от применения частотных преобразователей необходимо найти:

а) электропривод с достаточно часто меняющейся в широком диапазоне нагрузкой;

б) данный электропривод должен иметь достаточно большую мощность для сокращения срока окупаемости установленного частотного преобразователя, и более значительного экономического эффекта от его внедрения (что в нынешних экономических условиях играет огромную роль для предприятия при решении вопроса в пользу установки частотных преобразователей);

в) электропривод, требующий большую надежность в эксплуатации, т.к. электропривод с частотным преобразователем имеет высокую надежность, по сравнению с обычным электроприводом, что повышает надежность всей системы, а также уменьшает последствия аварий в водоснабжающих сетях.

Главная задача при проектировании и эксплуатации частотно-регулируемого электропривода рациональный выбор параметров элементов. Эта задача эффективно решается с помощью использования компьютерного моделирования, базирующегося на применении современных пакетов прикладных программ, оно позволяет изучить свойства оригинала путем исследования модели. Среди множества пакетов в первую очередь следует отметить **MatLab**, который представляет собой богатейшую коллекцию модулей, в число которых входят: средства решения дифференциальных и алгебраических уравнений, цифровой обработки изображений, поиска решений на основе нечеткой логики, аппарат анализа нейронных сетей, финансового состояния и др.

Особо хотелось бы выделить такое приложение, как **Simulink**, позволяющее уже из готовых блоков составлять определенные схемы для решения любых инженерных задач. Функции, которые являются специфическими для конкретной области, включены в состав добавочных разделов. Для исследования электротехнологических установок наиболее важным является раздел библиотеки Power System Blockset.

Для создания математической модели асинхронного двигателя используем блоки непосредственно встроенные в библиотеку программы. Ниже приведен краткий обзор двух основных блоков используемых при создании нашей модели.

Asynchronous Machine Асинхронная машина

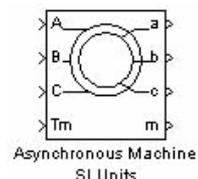


Рис. 1 Пиктограмма

Назначение:

Моделирует асинхронную электрическую машину в двигательном или генераторном режимах. Режим работы определяется знаком электромагнитного момента машины. Порты модели A, B и C являются выводами статорной обмотки машины, а порты a, b и c - обмотки ротора машины. Порт Tm предназначен для подачи момента сопротивления движению. На выходном порту m формируется векторный сигнал, состоящий из 21 элемента: токов, потоков и напряжений ротора и статора в неподвижной и вращающейся системах координат, электромагнитного момента, скорости вращения вала, а также его углового положения.

AC Voltage Source Идеальный источник переменного напряжения

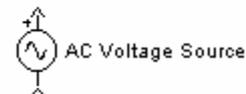


Рис. 2 Пиктограмма.

Назначение:

Вырабатывает синусоидальное напряжение с постоянной амплитудой

Используя такие элементы библиотеки, составляем схему приведенную ниже. Выполнив все необходимые настройки, запускаем данную модель на выполнение. Если все настройки выполнены верно, получаем соответствующие результаты в блоках Scope и XY Graph блок Workspace записывает данные в указанный файл.

Созданная модель рис. 3 позволяет снимать различные характеристики двигателя, такие как: сила тока в трехфазной системе ABC, сила тока в двухфазной приведенной системе DQ, аналогичное напряжение, изменение потокосцепления в роторе и статоре в системе DQ, угловой скорости и электромагнитного момента.

Для примера, ниже схемы математической модели приведен рисунок изменения токов ротора и статора в трехфазной системе координат ABC рис. 4.

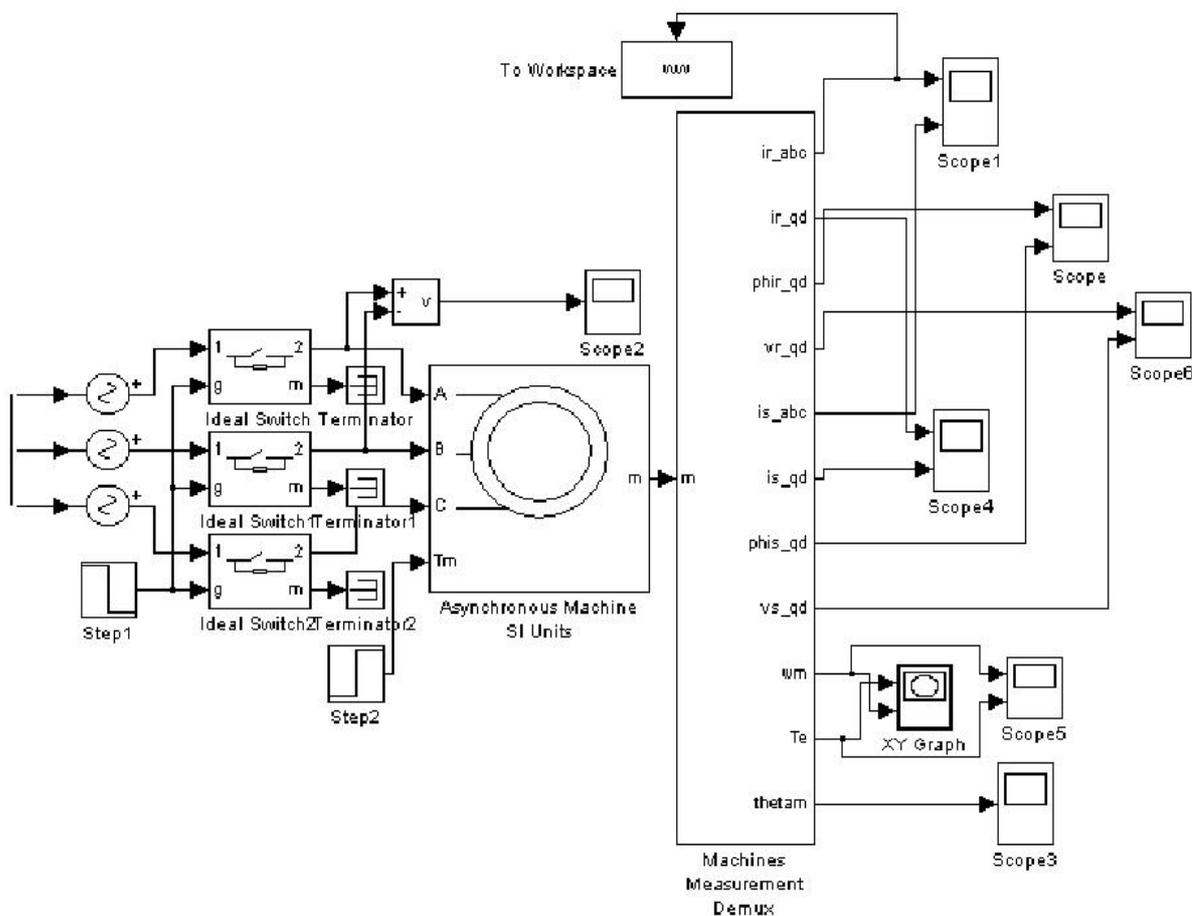


Рис. 3 Компьютерная математическая модель асинхронного двигателя.

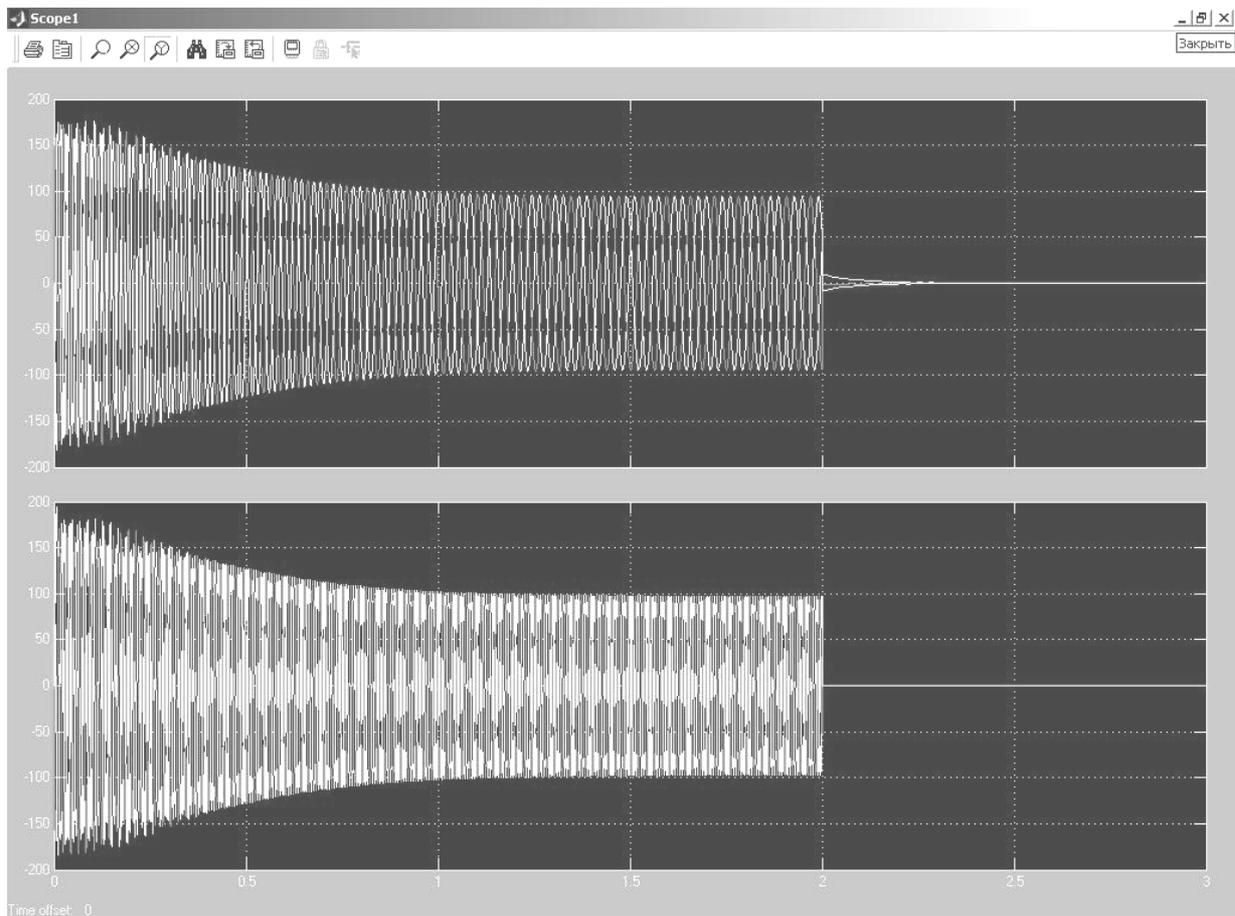


Рис. 4 Изменение токов в роторе и статоре в трехфазной системе ABC.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОФАЗНЫХ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Малоземова Е.В., студент гр. Э-04  
Воробьев Н.П., доцент, к.т.н.

Целью работы является изучение методов расчета неразветвленных и разветвленных цепей переменного тока, а так же изучение явления резонанса напряжений и токов и методики построения векторных диаграмм с использованием компьютерных моделирующих пакетов OrCad 9.2 [1] и Matlab 7.01 [2].

При этом необходимо:

- Определить параметры катушки индуктивности.
- Исследовать явление резонанса напряжений в неразветвленной электрической цепи.
- Исследовать явление резонанса токов в разветвленной электрической цепи.

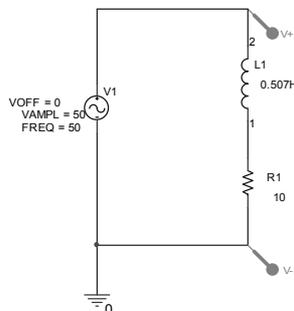


Рисунок 1

а) Исследование параметров катушки индуктивности с помощью моделирующего пакета OrCad 9.2

1) Собрать в среде OrCad 9.2 принципиальную электрическую схему в соответствии с

рисунком 1. Параметры элементов схемы считать заданными.

2) Установить на принципиальную электрическую схему маркеры разности напряжений (рисунок 1).

3) Войти в меню Pspice/New Simulation Profile, произвольно задать имя условиям моделирования и установить их согласно рисунку 2.

4) В меню Pspice нажать Run и получить осциллограмму напряжения на катушке индуктивности.

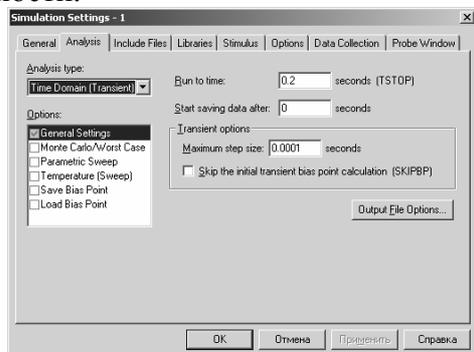


Рисунок 2

5) Для получения точного отсчета напряжения на катушке индуктивности нажать кнопку Toggle cursor, затем Cursor Max и в появившемся меню Probe cursor в правом верхнем углу снять отсчет напряжения на катушке индуктивности (49.998 В). Если в начале осциллограммы имеется переходный процесс, то следует предварительно выделить мышкой 2-3 периода в конце осциллограммы, нажать кнопку Zoom Area и только после этого нажать кнопку Toggle cursor, затем Cursor Max и т.д. с целью измерения напряжения в зоне установившегося режима.

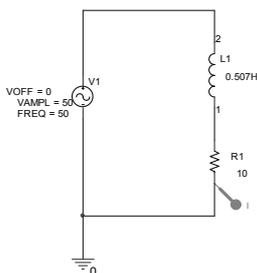


Рисунок 3

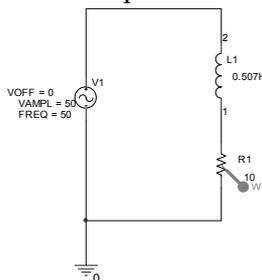


Рисунок 4

6) Удалить со схемы по рисунку 1 маркеры разности напряжений (выделив один из них левой клавишей мыши (ЛКМ), нажать правую клавишу мыши (ПКМ) и меню Delete). Установить на схему по рисунку 1 токовый маркер согласно рисунку 3 (строго в точке элемента (резистора), где заканчивается вывод элемента и начинается линия электрической связи).

7) Повторить п. 4 и получить осциллограмму тока в катушке индуктивности.

8) Повторить п. 5 и снять отсчет тока в катушке индуктивности.

9) Аналогично п. 6 установить маркер активной мощности на изображение резистора (рисунок 4).

10) Аналогично п. 5 снять отсчет активной мощности, выделяющейся в резисторе (пиковое значение).

б) Исследование неразветвленной цепи, для чего:

1) Собрать в среде OrCad 9.2 принципиальную электрическую схему в соответствии с рисунком 5. Параметры элементов схемы считать заданными.

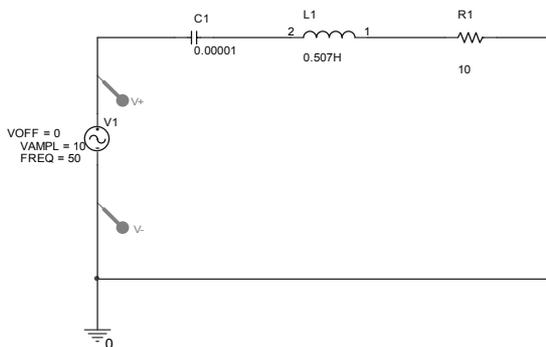


Рисунок 5

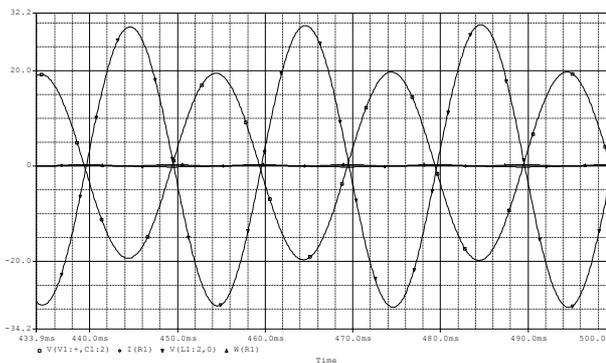


Рисунок 6

2) По аналогии с п. а3 войти в меню Pspice/New Simulation Profile, и установить условия моделирования.

3) По аналогии с п. а2 становить маркеры разности напряжений (рисунок 5)

4) По аналогии с п. б4 и п. б5 измерить напряжение  $U_{вх}$  на входе схемы, перенести маркеры разности напряжений.

5) Измерить ток  $I$ , мощность  $P$ , напряжение на емкости  $U_c$ , на катушке индуктивности  $U_k$ , для чего нажать кнопку Run Pspice и получить осциллограмму.

6) Выделить ЛКМ несколько периодов колебаний в правой части осциллограммы (в зоне установившегося режима) и нажать кнопку Zoom Area (рисунок 6).

7) На осциллограмме по рисунку 6 нажать кнопку Toggle cursor. При этом вдоль оси времени Time пунктирным квадратиком выделится первый слева значок (черный квадратик) возле надписи V(V1:+,C1:2), что соответствует напряжению на конденсаторе, и на изображении осциллограммы появится меню Probe Cursor. Далее следует кратковременно нажать кнопку Cursor Max, чтобы курсор переместился на максимальное значение напряжения на конденсаторе и в правом верхнем углу меню Probe Cursor снять отсчет напряжения на конденсаторе.

8) Для измерения тока следует повторно нажать кнопку Toggle cursor, щелкнуть ЛКМ на значке «ромбик» слева возле надписи I(R1), нажать кнопку Cursor Max, чтобы курсор переместился на максимальное значение тока в цепи и в правом верхнем углу меню Probe Cursor снять отсчет тока в цепи. Аналогично измерить мощность  $P$  и напряжение  $U_k$ .

9) Изменяя емкость конденсатора с 10 до 30 мкф с интервалом в 2 мкф установить максимальный ток в цепи и занести данные в таблицу. Это будет наблюдаться при резонансе напряжений, т.е. когда  $U_k = U_c$ . Пример заполнения измеренных значений напряжения  $U_{вх}$ , тока  $I$ , мощности  $P$ , напряжения на емкости  $U_c$ , на катушке индуктивности  $U_k$  в зависимости от величины емкости конденсатора C1 приведен в таблице 1.

Таблица 1

C1, мкф	U ампл, В	вх В	U <sub>к</sub> ампл, В	U <sub>с</sub> ампл, В	I ампл, мА	P ампл, мВт
10	10		9,961	20,093	62,417	40,243
12	10		15,167	25,152	95,057	90,359
14	10		23,483	33,332	146,664	215,812
16	10		39,713	49,312	248,146	39,713
18	10		79,356	87,767	496,775	2,468
20	10		158,198	157,874	992,38	9,848
22	10		89,661	81,39	562,918	3,169
24	10		55,883	46,39	350,208	1,226
26	10		42,452	32,595	265,179	708,921
28	10		34,52	24,653	216,584	469,42
30	10		29,681	19,768	186,162	346,737

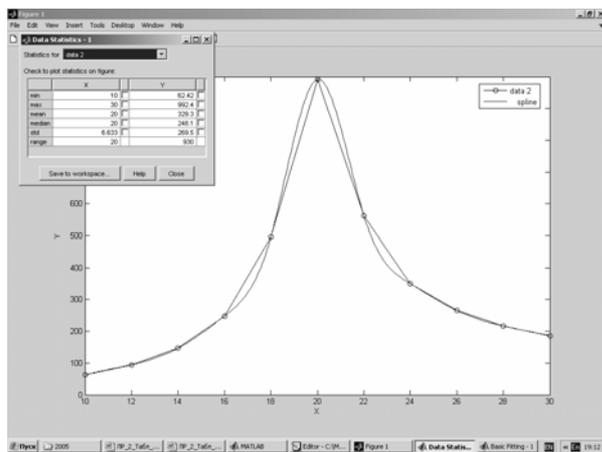


Рисунок 7

```
x=[10,12,14,16,18,20,22,24,26,28,30];
y=[62.417,95.057,146.664,248.146,496.775,992.38,562.918,350.208,265.179,216.584,186.162];
plot(x,y,'-ok')
```

10) На основе таблицы 3 в пакете Matlab 7.01 построить зависимости измеренных параметров в функции величины емкости конденсатора  $C_1$ . Для этого в меню File/New нажать на меню M-File, в результате чего будет создан m-файл по имени Untitled, его следует сохранить под английским именем в папке также с английским именем и скопировать в него подрисованную надпись примера построения зависимости  $I$  от  $C_1$  (рисунок 7), скорректировав данные в соответствии с результатами собственных измерений.

Для запуска полученного m-файла (рисунок 8) на исполнение следует в меню Debug нажать кнопку Run. Для аппроксимации полученных данных следует (рисунок 7) через меню Tools войти в меню Basic Fitting и выбрать вид аппроксимации в меню Plot fits (поставить «метку»). Для простановки буквенных обозначений по осям графика (только на английском языке) следует там же (рисунок 7) через меню Edit войти в меню Axes Properties и в меню X Label и в меню Y Label проставить соответствующие обозначения, установив (при необходимости) координатные сетки по осям (меню Grid). Для копирования полученных графиков в Word-файл следует (рисунок 7) через меню Edit нажать на меню Copy Figure, а в окне Word-файла нажать, соответственно, ПКМ, и ЛКМ нажать меню «Вставить».

Используя данные таблицы 2 и возможности программы Excel, построены все 5 кривых на одном графике. Аналогичным образом исследована разветвленную цепь. Исследована разветвленная цепь путем подачи на ее вход линейно изменяющегося напряжения. Исследованы имитационные модели описанных цепей в среде Matlab 7.01 (SimPowerSystems). При этом блок Continuous позволяет быстро и точно измерить амплитуды токов и напряжений в схеме и их действующие значения (для этого достаточно в меню Units выбрать RMS values). Помимо пиковых или действующих значений измеряемых величин в этом блоке приведены также (крайние справа) углы поворота этих векторов на комплексной плоскости. При этом необходимо включать последовательно с Series RLC Branch небольшое сопротивление (порядка сотой и тысячной долей Ом), поскольку источник ЭДС и конденсатор Series RLC Branch идеальные и необходимо ограничить ток через них.

```
1 % зависимость I от C1
2 x=[10,12,14,16,18,20,22,24,26,28,30];
3 y=[62.417,95.057,146.664,248.146,496.775,992.38,562.918,350.208,265.179,216.584,186.162];
4 plot(x,y,'-ok')
```

Рисунок 8

Разработанные компьютерные модели однофазных цепей переменного тока являются новыми и позволяют эффективно изучать методы расчета неразветвленных и разветвленных цепей переменного тока, явления резонанса напряжений и токов и методы построения векторных диаграмм.

Использованные литературные источники

- 1) Разевиг В.Д. Система сквозного проектирования электронных устройств DesignLab 8.0 – М.: «Солон», 1999. - 380 с.
- 2) Matlab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя / Дьяконов В. П. - М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 768 с.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Быковская А.В., студент гр. Э-04  
Воробьев Н.П., доцент, к.т.н.

Цель работы: исследовать способы получения несинусоидальных токов и определение их параметров способами имитационного моделирования с использованием компьютерных моделирующих пакетов OrCad 9.2 [1] и Matlab 7.01 [2].

Исследуем токи, возникающие при следующем режиме работы электрических цепей:

- Источник тока (Э.Д.С.) дает синусоидальный ток (Э.Д.С.), но один или несколько элементов электрической цепи нелинейны.

В качестве нелинейного элемента используем диоды с нелинейной В.А.Х., включаемые по одно- или двухполупериодной схеме выпрямления.

Электрическая схема, представленная на рисунке 1, позволяет снять вольт - амперную характеристику диода в прямом и обратном направлениях, исследовать одно- и двухполупериодные схемы выпрямителей переменного тока, обеспечивающих получение несинусоидальных токов.

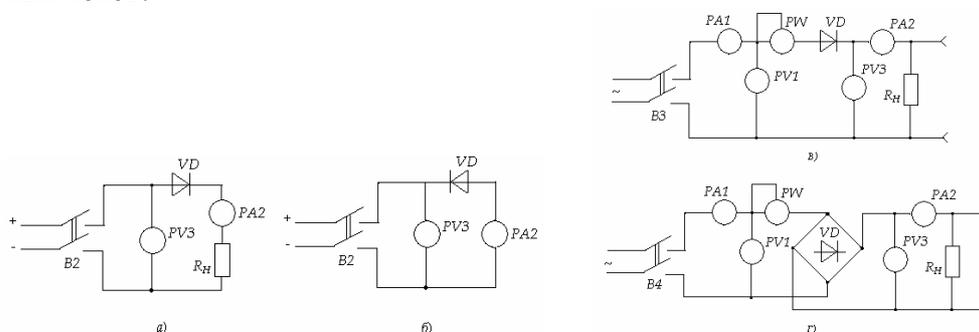


Рисунок 1

- 1) Ознакомиться с описанием лабораторной работы. Собрать на компьютере имитационные модели в среде OrCad 9.2, соответствующие принципиальной электрической схеме, изображенной на рисунке 1,а (рисунок 2).

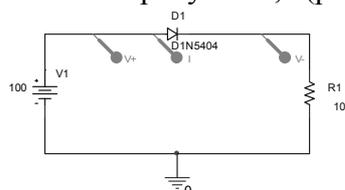


Рисунок 2

Параметры элементов схемы считаем заданными. Для установки или изменения номинальных значений параметров генератора V1, сопротивления R1 и других элементов принципиальной схемы достаточно дважды щелкнуть левой клавишей мыши (ЛКМ) на изображении соответствующего параметра (100, 10) и в открывшемся меню Value ввести новое значение параметра.

2) Установить на принципиальную электрическую схему маркеры разности напряжений (рисунок 2). Установить на схему по рисунку 2 токовый маркер (строго в точке элемента (диода), где заканчивается вывод элемента и начинается линия электрической связи).

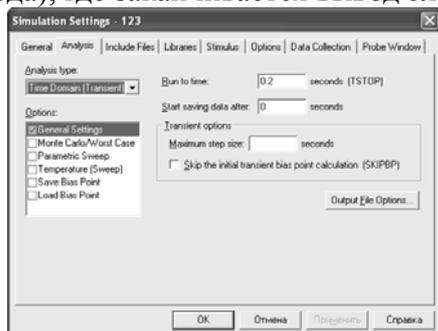


Рисунок 3

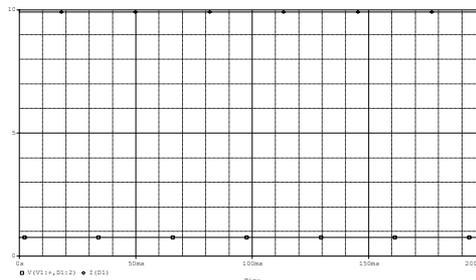


Рисунок 4

3) Войти в меню Pspice/New Simulation Profile, произвольно задать имя условиям моделирования и установить их согласно рисунку 3.

4) В меню Pspice нажать Run и получить осциллограмму падения напряжения на диоде и тока через диод в прямом направлении в соответствии с рисунком 4.

5) На осциллограмме по рисунку 5 нажать кнопку Toggle cursor. При этом вдоль оси времени Time пунктирным квадратиком выделится первый слева значок (черный квадратик) возле надписи V(V1+:D1:2), что соответствует падению напряжения на диоде, и на изображении осциллограммы появится меню Probe Cursor. Далее следует кратковременно нажать кнопку Cursor Max, чтобы курсор переместился на максимальное значение падения напряжения на диоде и в правом верхнем углу меню Probe Cursor снять отсчет падения напряжения на диоде.

Для измерения тока следует повторно нажать кнопку Toggle cursor, щелкнуть ЛКМ (левой клавишей мыши) на значке «ромбик» слева возле надписи I(D1), нажать кнопку Cursor Max, чтобы курсор переместился на максимальное значение тока в цепи и в правом верхнем углу меню Probe Cursor снять отсчет тока в цепи.

6) Подготовить таблицу, задать ряд значений напряжения на V1 (см. п. 3.1) и аналогично измерить  $U(B)$ ,  $I(A)$  и занести измеренные данные в таблицу, то есть снять вольт - амперную характеристику диода в прямом направлении.

7) Собрать на компьютере имитационные модели в среде OrCad 9.2, соответствующие принципиальной электрической схеме, изображенной на рисунке 1,б (рисунок 5).

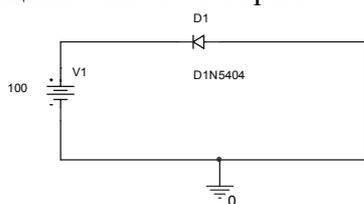


Рисунок 5

8) Установить на принципиальную электрическую схему (рисунок 5) маркеры разности напряжений. Установить на схему по рисунку 5 токовый маркер (строго в точке элемента (диода), где заканчивается вывод элемента и начинается линия электрической связи).

9) Следуя п. 1-6, снять вольт - амперную характеристику диода в обратном направлении и занести данные в таблицу.

Пример заполнения таблицы приведен в таблице 1.

Таблица 1

Прямое включение диода		Обратное включение диода	
$U(B)$	$I(A)$	$U(B)$	$I(мкА)$
0	0	0	0
10	0,945	- 10	-128,353
20	1,94	-20	-164,338
30	2,937	-30	-190,517
40	3,935	- 40	-211,782
50	4,933	- 50	-229,988
60	5,931	- 60	-246,07
70	6,929	-70	-260,573
80	7,927	- 80	-273,846
90	8,926	-90	-286,128
100	9,924	- 100	-297,592

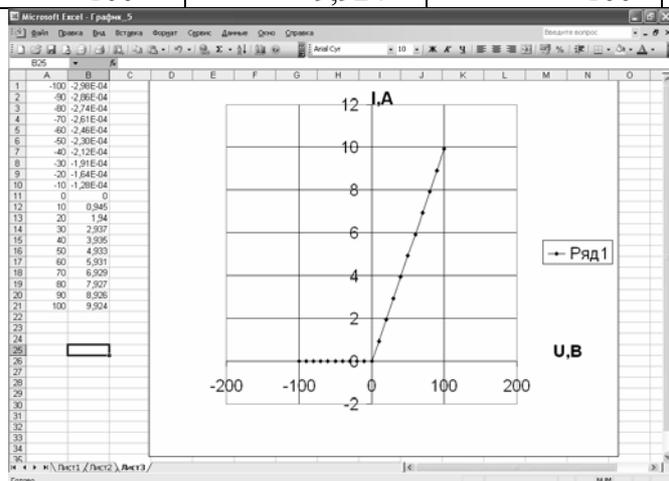


Рисунок 6

10) Используя данные таблицы 1 и возможности программы Excel построить В.А.Х. диода на одном графике. Для этого ЛКМ выделить в таблице 1 интересующие нас данные, скопировать их в буфер, нажать в Excel клавишу «создать» и вставить данные из буфера в страничку в Excel (рисунок 6), нажать меню «вставка/диаграмма/точечная» и меню «далее/далее/далее/готово».

В «области диаграммы» появившегося графика (установить курсор мыши и дождаться подсказки «область диаграммы») (рисунок 6) в Excel нажать «ПКМ/параметры диаграммы/заголовки» и в меню «Название диаграммы», «Ось X», «Ось Y» ввести соответствующие данные. Щелкнуть ПКМ в «области построения диаграммы» (установить курсор мыши и дождаться подсказки «область построения диаграммы») через меню «Формат области построения диаграммы/Заливка» установить «прозрачная». Установить курсор на линии одного из графиков, появится подсказка, например, «Ряд «I ампл, mA» Точка 6», нажать ПКМ, меню «Формат рядов данных/Вид/Линия» установить черный цвет линии, также черный цвет линии установить для маркера (на меню «Вид» справа). Аналогичным образом поступить и с другими кривыми графика. В результате строящийся график будет походить на график, изображенный на рисунке 6.

11) По полученной вольт - амперной характеристике диода выполнить графический расчет функции  $i(t)$  при подаче напряжения на диод, соответствующего максимальному значению В.А.Х.

12) Произвести аппроксимацию полученной В.А.Х. и определить по ней величину прямого сопротивления  $R_{пр}$ . (Рисунок 7). Для этого ЛКМ щелкнуть на изображении В.А.Х. (ри-

сунок 10), нажать ПКМ и меню «Линия тренда/Тип», выбрать подходящий тип аппроксимации.

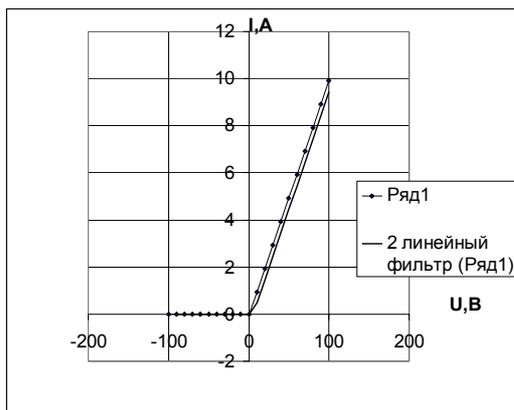


Рисунок 7

13) Начертить схему замещения, используя понятия идеального диода.

Произведено также исследование однополупериодного выпрямителя в среде OrCad 9.2, получено изображение разложения в ряд Фурье тока в нагрузке.

Проведены аналогичные исследования для двухполупериодного выпрямителя.

Собраны на компьютере имитационные модели в среде Matlab 7.01 (SimPowerSystems), соответствующие принципиальной электрической схеме, изображенной на рисунке 1, и проведены аналогичные исследования.

Для автоматического измерения и построения вольт-амперной характеристики диода собраны и исследованы соответствующие модели в среде Matlab 7.01 (SimPowerSystems).

Разработанные модели являются новыми и позволяют эффективно изучать способы получения несинусоидальных токов и определение их параметров.

Использованные литературные источники

- 1) Разевиг В.Д. Система сквозного проектирования электронных устройств DesignLab 8.0 – М.: «Солон», 1999. - 380 с.
- 2) Matlab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя / Дьяконов В. П. - М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 768 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Гашникова Т.А., студент гр. Э-03  
Воробьев Н.П., доцент, к.т.н.

Цель работы: Изучение переходных процессов в линейных электрических цепях, исследование разряда конденсатора через резистор, а также исследование переходного процесса в цепи с двумя реактивными элементами, имитационное определение основных параметров переходного процесса с использованием компьютерных моделирующих пакетов OrCad 9.2 [1] и Matlab 7.01 [2] и сравнение их с расчетными значениями.

1) Переходные процессы обычно являются быстропротекающими (доли секунды), но их изучение важно, т.к. они позволяют выявить возможные превышения напряжения на отдельных участках цепи, которые могут оказаться опасными для изоляции установки, а также возможные увеличения токов, превышающие в десятки раз токи установившегося режима.

В данной работе рассматриваются два вида переходных процессов:

- разряд емкости через активное сопротивление - аperiodический процесс;
- разряд емкости через индуктивность - колебательный процесс.

2) Описание лабораторной установки

Лабораторная установка, позволяющая исследовать переходные процессы в цепи с активными и реактивными элементами, представлена на рисунке 1.

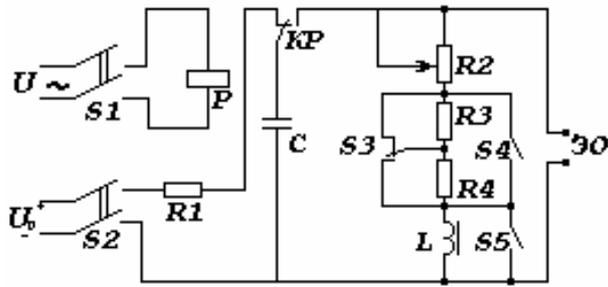


Рисунок 1

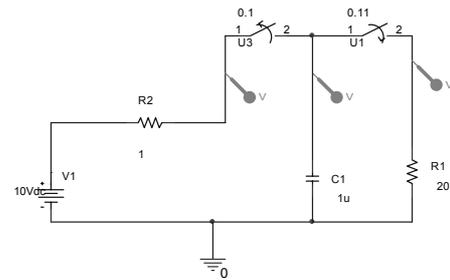


Рисунок 2

Схема содержит источники постоянного  $U_c$  и переменного  $U_{\sim}$  напряжения, конденсатор  $C$ , блок резисторов для ступенчатого изменения величины разрядного сопротивления, катушку индуктивности  $L$  и герконовое реле  $p$ , которое с частотой  $50 \text{ Гц}$  осуществляет переключение контактами  $KP$  емкости на заряд и разряд.

3) Порядок и методика выполнения работы.

3.1) Ознакомиться с описанием лабораторной работы. Собрать на компьютере имитационные модели в среде OrCad 9.2, соответствующие принципиальной электрической схеме, изображенной на рисунке 1 (рисунок 2).

3.2) Параметры элементов схемы считаем заданными. Для установки или изменения номинальных значений параметров генератора  $V1$ , сопротивления  $R1$  и других элементов принципиальной схемы достаточно дважды щелкнуть левой клавишей мыши (ЛКМ) на изображении соответствующего параметра (10, 1, 20, 0,1, 0,11, 1u) и в открывшемся меню Value ввести новое значение параметра.

Установить на принципиальную электрическую схему маркеры напряжений (рисунок 2).

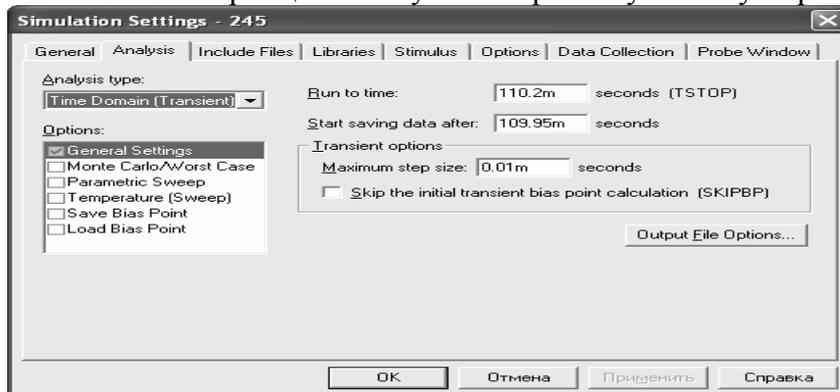


Рисунок 3

3.3) Войти в меню Pspice/New Simulation Profile, произвольно задать имя условиям моделирования и установить их согласно рисунку 3.

3.4) В меню Pspice нажать Run и получить осциллограмму напряжений в точках, где установлены маркеры напряжений, в соответствии с рисунком 4 и рисунком 5.

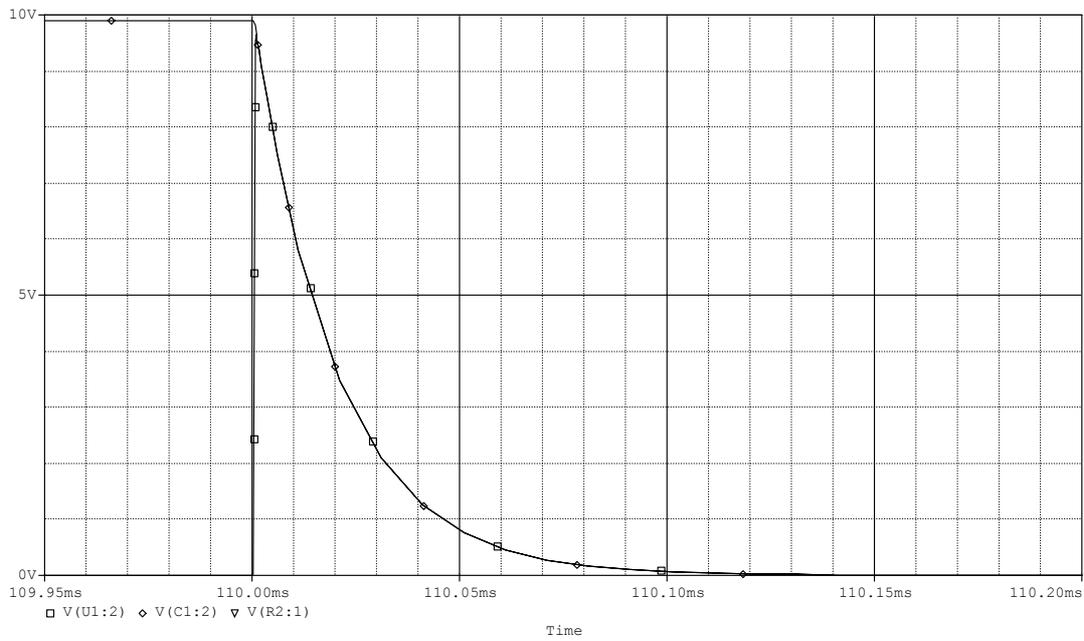


Рисунок 4

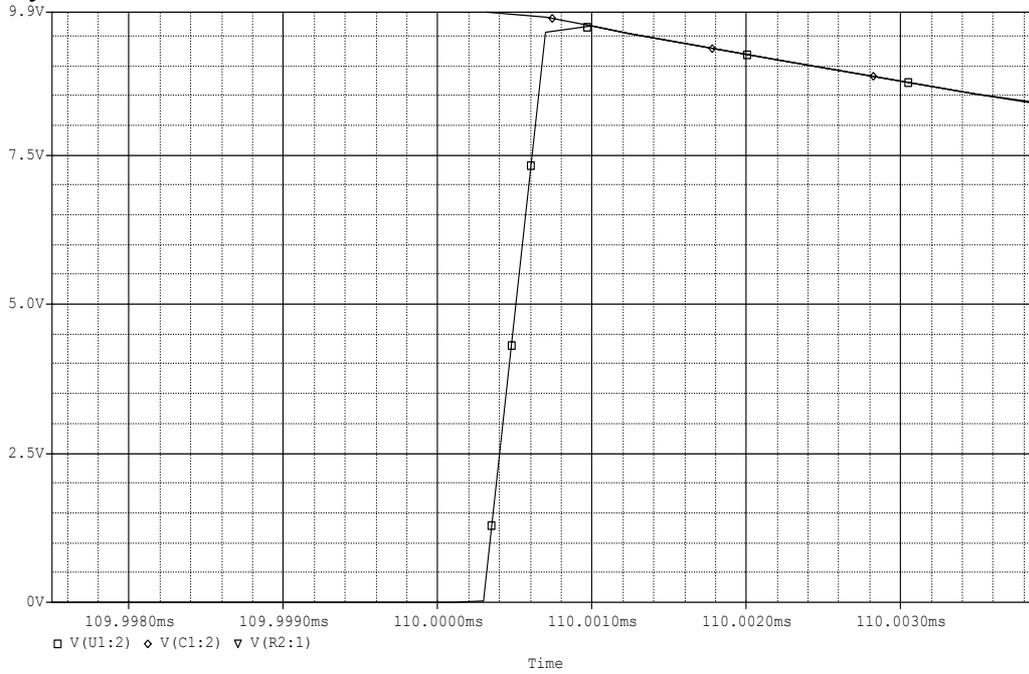


Рисунок 5

Определить время заряда  $\tau_3$  и разряда  $\tau_p$  емкости.

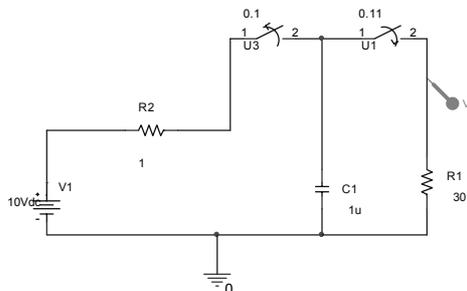


Рисунок 6

5) Изменить величину разрядного сопротивления (опыт 2) (рисунок 6, рисунок 7) и определить время разряда по описанной выше методике.

Зарисовать осциллограммы в отчет и сделать выводы о влиянии сопротивления на время разряда.

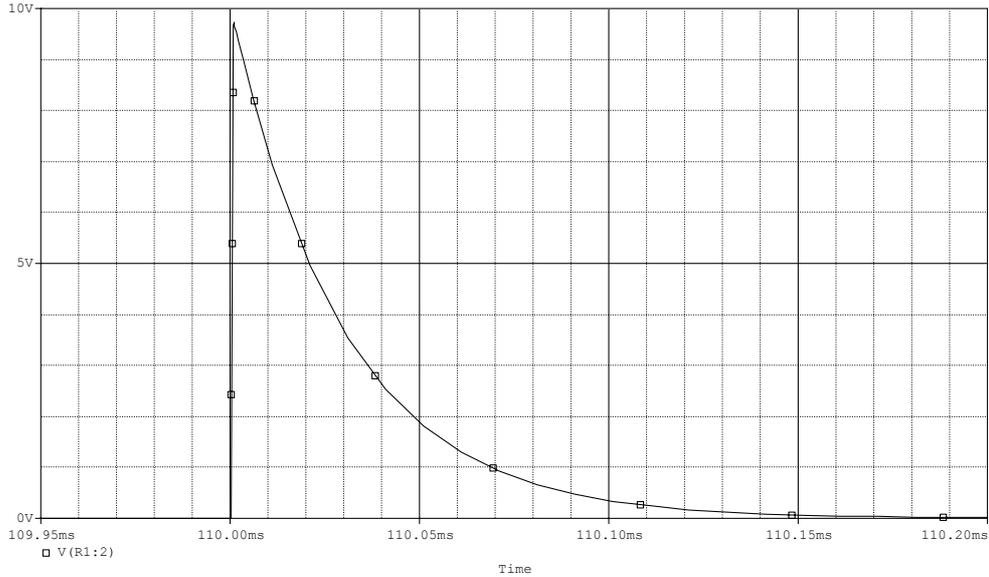


Рисунок 7

б) Зная величину емкости ( $C = 1 \text{ мкФ}$  на рисунке 6) и время разряда  $\tau_p$ , определить величину разрядного сопротивления из формулы

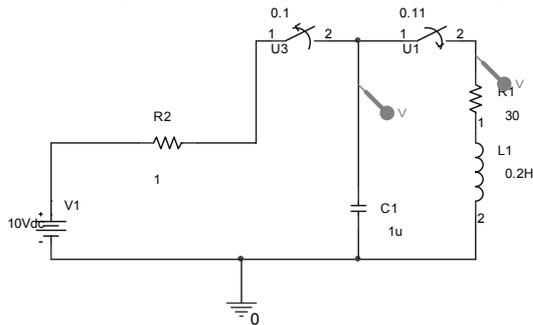


Рисунок 8

$$\tau_p = R_p \cdot C (1)$$

7) Для исследования колебательного разряда конденсатора последовательно с конденсатором подключается индуктивность (рисунок 8, рисунок 9).

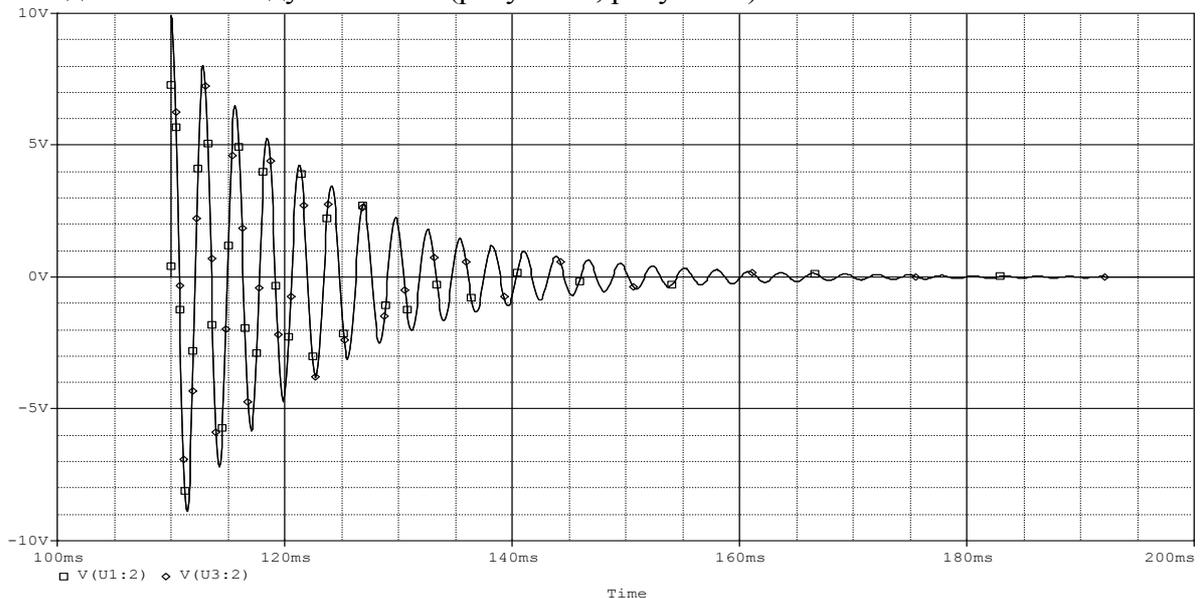


Рисунок 9

Определить параметры затухающих колебаний.

Определить коэффициент затухания колебаний по формуле (2),

$$\delta = \frac{1}{T_0} \ln \frac{U_c(t_1)}{U_c(t_1 + T_1)} = \frac{1}{T_0} \ln \frac{A_1}{A_2} \quad (2)$$

где  $T_0$  — период колебаний.

используя отношение амплитуд двух соседних положительных полуволн колебаний  $A_1$  и  $A_2$ . Рассчитать затухание колебаний по формуле (3)

$$\delta = \frac{R}{2L} \quad (3)$$

и сравнить с имитационной величиной.

Аналогичные модели созданы и исследованы в среде Matlab 7.01 (SimPowerSystems).

Разработанные модели являются новыми и позволяют эффективно изучать переходные процессы в линейных электрических цепях, исследовать разряд конденсатора через резистор, а также исследовать переходные процессы в цепи с двумя реактивными элементами.

Использованные литературные источники

- 1) Разевиг В.Д. Система сквозного проектирования электронных устройств DesignLab 8.0 – М.: «Солон», 1999. - 380 с.
- 2) Matlab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя / Дьяконов В. П. - М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 768 с.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Воробьев Р.Н., аспирант,  
Воробьев Н.П., доцент, к.т.н.

Наиболее детально и последовательно вопросы анализа и синтеза передаточных функций пьезоэлектрических преобразователей традиционными аналитическими методами приведены в работе [1]. Рассмотрим общий случай расчета передаточной функции механически демпфированного излучателя с произвольным числом переходных слоев и с учетом электрической цепи включения генератора, т.е. передаточную функцию системы пьезопреобразователь - электрическая цепь [1]. Для передаточной функции пьезоизлучателя известно следующее выражение:

$$K_H(x) = K_{H0} * \Phi_H(x) e^{j\varphi_H(x)}, \quad (1)$$

где  $K_H(x)$  - передаточная функция пьезоизлучателя,  $K_{H0}$  - коэффициент передачи механически недемпфированного пьезоизлучателя без переходного слоя, питаемого от генератора напряжения,

Формула (1) реализована в разработанных нами m-файлах моделирующего пакета Matlab 7.01 [2,3]. Из выражения (1) видно, что функция

$$\Phi_H(x) = \frac{K_H(x)}{K_{H0}} \quad (2)$$

является амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) пьезоизлучателя, нормированной относительно максимального значения коэффициента передачи пьезоэлектрической пластинки. На рисунке 1 приведен пример полученной нами функции  $\Phi_H(x)$  (нормированной относительно относительной частоты  $x$  (ось X), при излучении в воздух, при питании от электрических цепей включения), построенной в соответствии с формулой (1).

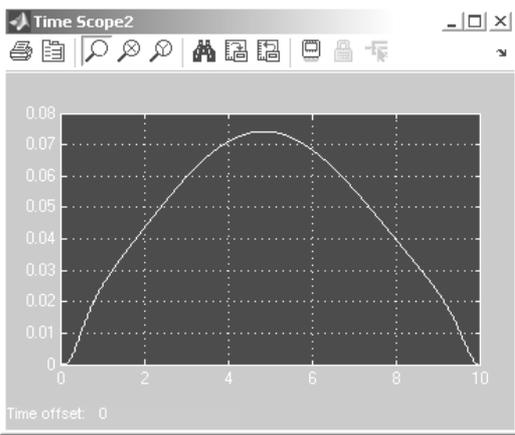


Рисунок 1

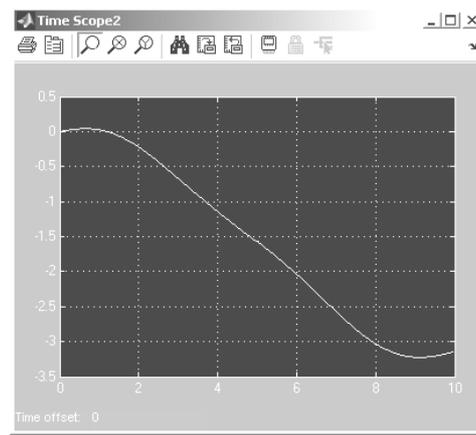


Рисунок 2

Функция  $\varphi_H(x)$  является фазо-частотной характеристикой (ФЧХ) преобразователя. На рисунке 2 приведен пример полученной нами функции  $\varphi_H(x)$  (нормированная относительно относительной частоты  $x$  (ось X), при излучении в воздух, при питании от электрических цепей включения, по оси Y приведены значения фазы в радианах), построенной в соответствии с формулами (1).

Характер изменения относительной частоты  $x$  во времени, соответствующий всем разработанным моделям, показан на рисунке 3. На рисунке 4 приведена разработанная нами модель для получения амплитудно-частотной характеристики пьезоизлучателя, нормированной относительно  $x$ . На рисунке 5 приведена разработанная нами модель для получения фазо-частотной характеристики пьезоизлучателя, нормированной относительно  $x$ .

Блок Unwgar на рисунке 5 обеспечивает линейность фазо-частотной характеристики во всем диапазоне изменения  $x$ . В его отсутствие, за счет того, что функция  $\arctg$  по формуле (1) в определенных точках имеет разрыв, фазо-частотная характеристика, изображенная на рисунке 2, имела бы вид в соответствии с рисунком 6 и была бы существенно нелинейной.

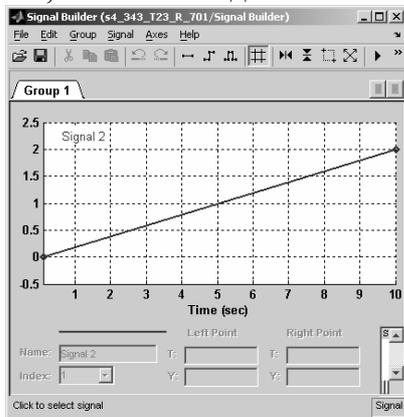


Рисунок 3

Характер изменения относительной частоты  $x$  во времени (соответствует блоку Signal Builder на рисунке 4)

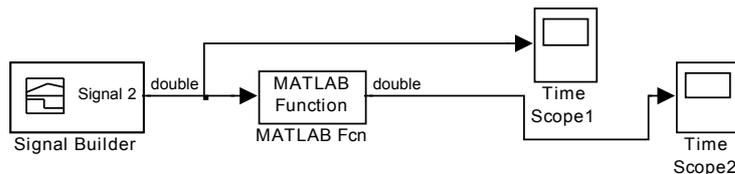


Рисунок 4 - Модель для получения амплитудно-частотной характеристики пьезоизлучателя, нормированной относительно  $x$

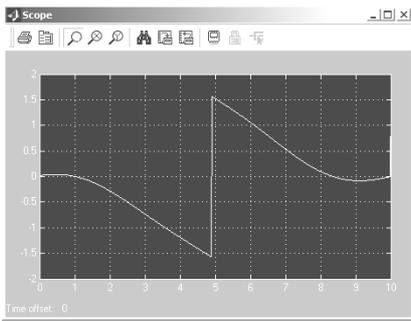


Рисунок 5

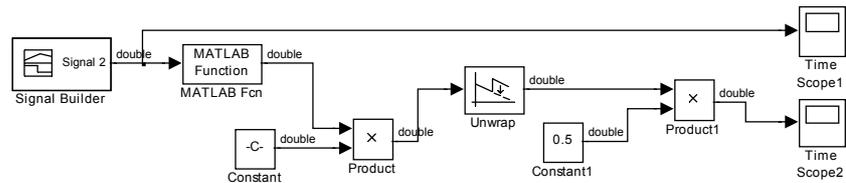


Рисунок 6

Точная подстройка эффекта устранения нелинейности фазо-частотной характеристики обеспечивается введенным нами блоком Constant по рисунку 5, а обеспечение необходимого масштаба по оси Y – блоком Constant1 (значения фазы по оси Y в радианах). Блоки Product и Product1 обеспечивают перемножение соответствующих сигналов.

В связи с чем разработан следующий порядок использования блока Unwrap из Matlab/Signal Processing Blockset/Signal Operations для устранения фазовых скачков на фазо-частотных характеристиках:

а) Параметры блока Unwrap: Tolerance:  $\pi$ ; Других меток нет.

Параметры блока Constant: Constant value:  $0.64 \cdot \pi$ ; Interpreted vector parameters as 1-D: птичка; Sample time: inf; Output data type mode: Inherit from 'Constant value'.

Параметры блока Constant1: Constant value: 0.5; Interpreted vector parameters as 1-D: метка; Sample time: inf; Output data type mode: Inherit from 'Constant value'.

Параметры блока Product, Product1: Number of inputs: 2; Multiplication: Element-wise(. \*); Sample time: -1; Output data type mode: Inherit via internal rule; Round integer calculations toward: Zero; Других меток нет.

б) Окно блока MATLAB Fcn должно соответствовать рисунку 7 .

в) Настройка модели состоит в подборе такого значения Constant value, при котором обеспечивался бы минимальный фазовый скачок на фазо-частотной характеристике, (то есть обеспечивалось бы полное сглаживание ФЧХ).

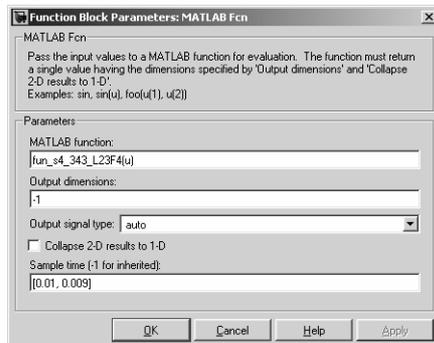


Рисунок 7 - Рекомендуемое меню блока MATLAB Fcn в моделях для получения амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик пьезопреобразователей

Разработаны имитационные модели для расчета нормированных частотных характеристик пьезоизлучателя с одним переходным слоем (рисунок 8).

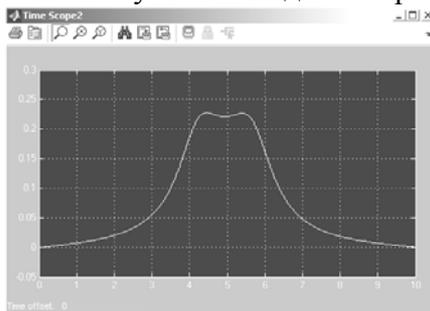


Рисунок 8

При этом установлено, что меню блока MATLAB Fcn по рисунку 5 должно соответствовать рисунку 7, где указано рекомендуемое время моделирования [0.01, 0.009]. В случае если оставить время моделирования по умолчанию (-1), то на изображении функции  $\Phi_{II}(x)$  появляется выброс в соответствии с рисунком 9.

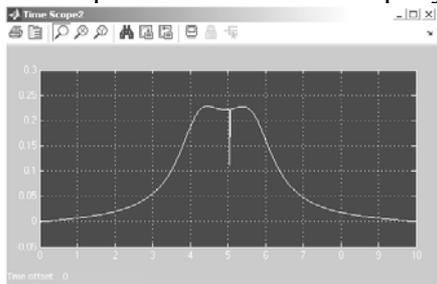


Рисунок 9 - Изображение функции  $\Phi_{II}(x)$  в случае, если оставить время моделирования по умолчанию (-1)

Разработаны модели для получения АЧХ ФЧХ пьезоизлучателя без переходного слоя при питании от генератора напряжения, при механически недемпфированном преобразователе и для ряда других случаев.

Разработаны модели для получения АЧХ, ФЧХ для пьезоприемника с электрической цепью нагрузки П-типа, имитационная модель нормированной передаточной функции пьезоприемника с одним переходным слоем, при непосредственном подключении пьезоэлемента к усилителю без учета поглощения в переходном слое, при отсутствии переходного слоя и другие модели.

Разработана имитационная модель пьезопреобразователя, работающего в режиме излучение-прием, приведенная на рисунке 10.

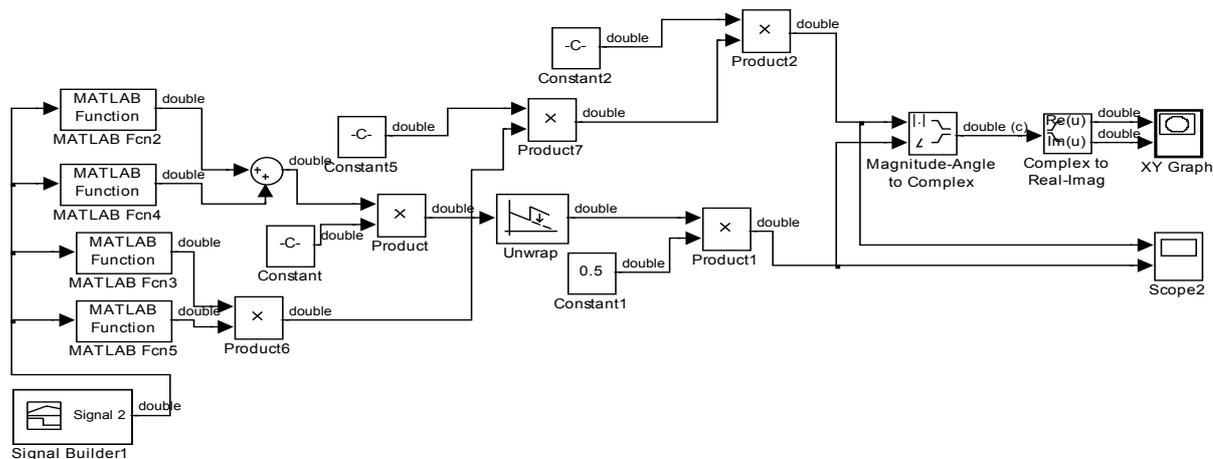


Рисунок 10

Построены частотные характеристики приемного пьезопреобразователя с помощью функций num, den, sys и bode пакета Control System Toolbox системы MatLab.

Разработанные методы имитационного моделирования передаточных функций пьезоэлектрических преобразователей являются новыми и позволяют решить широкий круг задач, возникающих при предпроектном анализе, проектировании и исследовании ультразвуковых контрольно-измерительных приборов.

Использованные литературные источники

- 1) Домаркас В.И., Кажис Р.-И.С. Контрольно-измерительные пьезоэлектрические преобразователи. – Вильнюс: Минтис, 1975. - С. 116.
- 2) Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения Matlab. Специальный справочник – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.
- 3) Matlab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя / Дьяконов В. П. - М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 768 с.

# РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ И ИМПУЛЬСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Воробьев Р.Н., аспирант,  
Воробьев Н.П., доцент, к.т.н.

Переходный режим работы пьезоэлектрических преобразователей характерен для большинства ультразвуковых приборов. При этом параметры пьезопреобразователей в большой степени определяют точность и разрешающую способность указанных импульсных приборов, поэтому изучение характеристик приборов в целом в большинстве случаев сводится к анализу переходных процессов пьезопреобразователей.

С использованием интеграла Фурье переходная функция пьезопреобразователя или системы пьезопреобразователей описывается выражением [1]:

$$h(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{|K(\omega)|}{\omega} \sin[\omega t - \varphi(\omega)] d\omega. \quad (1)$$

где  $\omega$  - круговая частота,  $t$  - время,  $K(\omega)$  - передаточная функция преобразователя или системы преобразователей,  $\varphi(\omega)$  - ФЧХ преобразователя или системы преобразователей.

Подставляя в выражение (1) обобщенные нормированные передаточные функции, нормированную частоту  $x$  и нормированное время

$$y = \frac{t}{T_0}, \quad (2)$$

где  $T_0$  - период антирезонансной частоты пьезопреобразователя,

$$T_0 = \frac{1}{f_0}, \quad (3)$$

где  $f_0$  - антирезонансная частота пьезопреобразователя,

получаем обобщенную нормированную переходную характеристику:

$$h(y) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{|\Phi(x)|}{x} \sin(2\pi x y - \varphi) dx \quad (4)$$

где  $\Phi(x)$  - АЧХ пьезопреобразователя, нормированная относительно максимального значения коэффициента передачи пьезоэлектрической пластинки.

Для получения обобщенной нормированной переходной характеристики пьезопреобразователей на основе выражения (4) нами разработана имитационная модель в Matlab 7.01 [2,3], приведенная на рисунке 1.

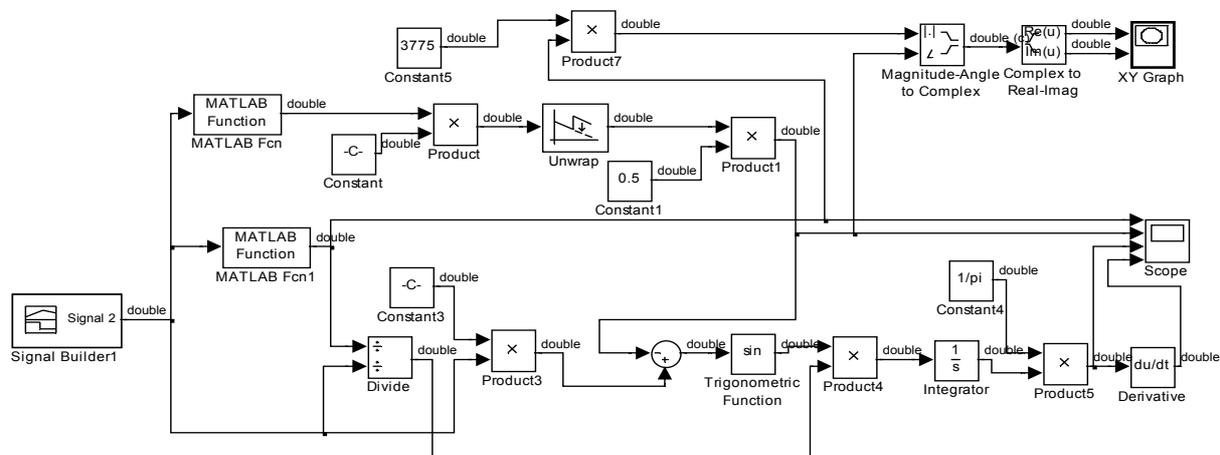


Рисунок 1

Для разработанной имитационной модели характерны следующие особенности:

а) Возможность задания в блоке Constant3 любого значения  $y$  и получения соответственно заданного нормированного времени (2), что позволяет изменять масштаб времени по оси  $X$  и получать переходную (а, следовательно, импульсную) характеристику пьезопреобразователя в интересующем масштабе времени, не изменяя при этом других параметров модели.

б) Возможность получения переходной (а, следовательно, импульсной) характеристики для любого пьезопреобразователя (не заботясь о трудностях при отыскании обратного преобразования Лапласа или вычисления определенного интеграла), поскольку все операции происходят с числами, а не с интегралами или формулами.

в) Возможность одновременного получения АЧХ, ФЧХ и АФЧХ пьезопреобразователя, причем для АЧХ, ФЧХ по оси  $X$  откладывается (как и ранее) относительная частота  $x$ , а для переходной (а, следовательно, импульсной) характеристики это нормированное время (2), перевод которого в обычное время не составляет особого труда и может быть осуществлен на основе соотношения (2), то есть по выражению

$$t = y * T_0. (5)$$

На рисунке 2 приведены следующие характеристики пьезопреобразователя, полученные с помощью модели по рисунку 1, а именно (сверху вниз в порядке перечисления): АЧХ, ФЧХ, переходная и импульсная характеристики. При этом в блоке Constant3 задано значение  $y=30$ , то есть максимальное время по оси  $x$  для переходной и импульсной характеристики получается не 10, а равно периоду  $T_0$  антирезонансной частоты  $f_0$  пьезопреобразователя, умноженному на  $y$  (то есть на 30).

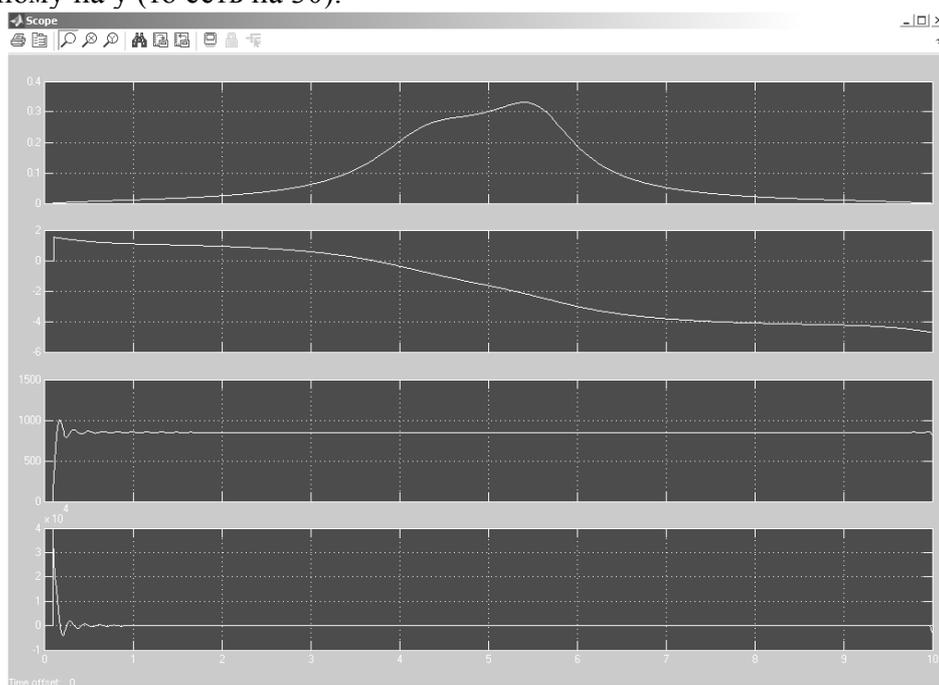


Рисунок 2

Для сравнения на рисунке 3 приведены те же характеристики, но значение  $y$  в блоке Constant3 заменено на 10, что привело к соответствующему (в 3 раза) изменению масштаба переходной и импульсной характеристики пьезопреобразователя по оси  $x$ . Масштаб же для АЧХ и ФЧХ не изменился.

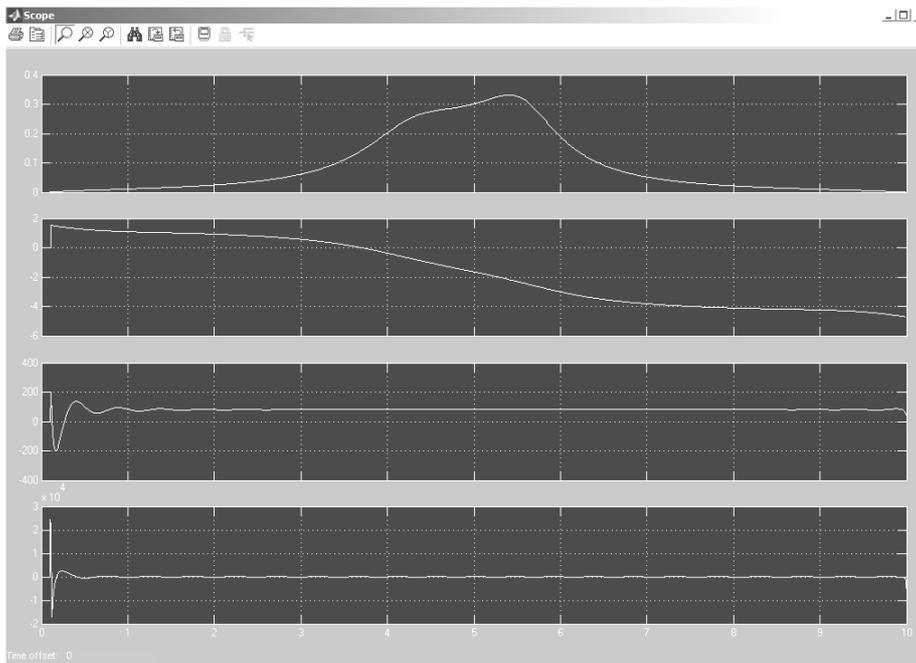
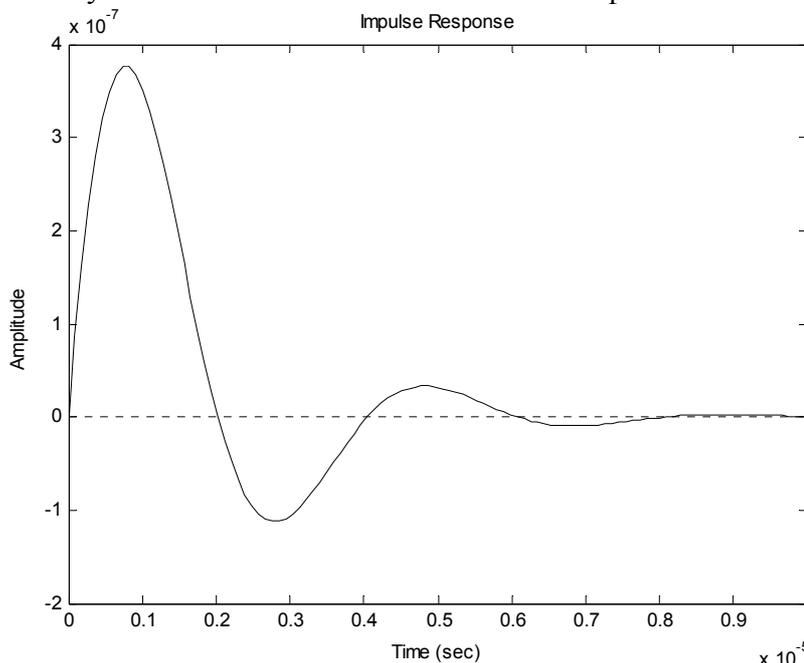


Рисунок 3

Как показано в работе [1] в области первой гармоники передаточная функция пьезоприемника хорошо аппроксимируется выражением, являющимся функцией передачи последовательного колебательного контура.

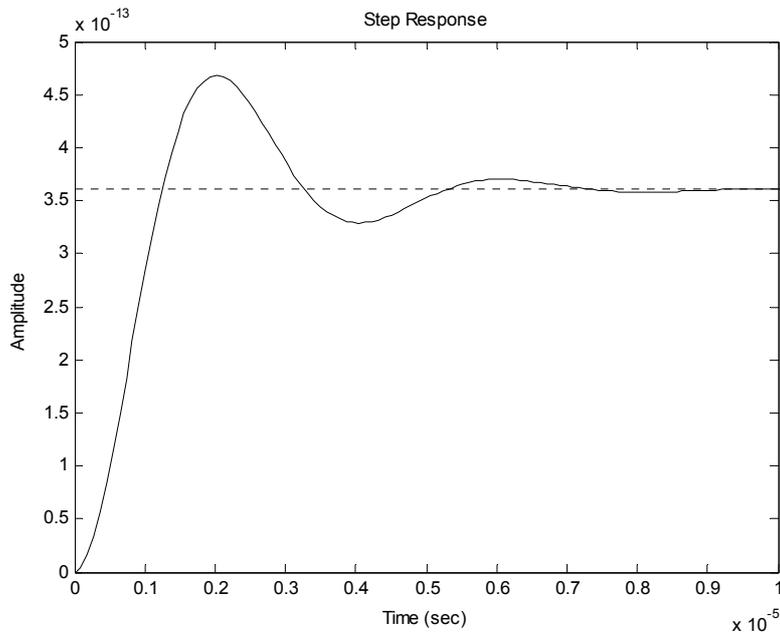
В связи с чем пакет Control System Toolbox системы MatLab позволяет построить импульсную характеристику пьезоприемника с помощью функций num, den, sys и impulse. На рисунке 4 приведена импульсная характеристика приемного пьезопреобразователя, построенная упомянутым способом с использованием m- файла.



```
(vd=4240; L0=0.008; f0=vd/(2*L0); omeg0=2*pi*f0; gam1=1; gam2=1; alf0=0.6e+006;
num=[gam1*gam2]; den=[1 2*alf0 (omeg0)^2]; sys=tf(num,den); impulse(sys) )
```

Рисунок 4

Пакет Control System Toolbox системы MatLab позволяет построить переходную характеристику пьезоприемника с помощью функций num, den, sys и step. На рисунке 5 приведена переходная характеристика приемного пьезопреобразователя, построенная упомянутым способом с использованием m- файла.



(vd=4240; L0=0.008; f0=vd/(2\*L0); omeg0=2\*pi\*f0; gam1=1; gam2=1; alf0=0.6e+006;  
 num=[gam1\*gam2]; den=[1 2\*alf0 (omeg0)^2]; sys=tf(num,den); step(sys))

Рисунок 5

Разработанные методы определения переходных и импульсных характеристик пьезоэлектрических преобразователей на основе имитационных моделей являются новыми и позволяют решить широкий круг задач, возникающих при предпроектном анализе, проектировании и исследовании ультразвуковых контрольно-измерительных приборов.

Использованные литературные источники

- 1) Домаркас В.И., Кажис Р.-И.С. Контрольно-измерительные пьезоэлектрические преобразователи. – Вильнюс: Минтис, 1975. - С. 116.
- 2) Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения Matlab. Специальный справочник – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.
- 3) Matlab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя / Дьяконов В. П. - М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 768 с.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАКЦИИ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА СИГНАЛ ПРОИЗВОЛЬНОГО ВИДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРУЮЩЕГО ПАКЕТА MATLAB

Воробьев Р.Н., аспирант,  
 Воробьев Н.П., доцент, к.т.н.

Замечательная особенность линейных стационарных систем с сосредоточенными параметрами, к которым принадлежат пьезопреобразователи, — справедливость принципа суперпозиции — открывает путь к решению задач о прохождении разнообразных сигналов через такие системы. Способ динамического представления [1] позволяет представлять сигналы в виде сумм элементарных импульсов.

Зная импульсную характеристику линейной стационарной системы, можно формально решить любую задачу о прохождении детерминированного сигнала через такую систему. В [1] показано, что входной сигнал всегда допускает представление вида

$$u_{ex}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} u_{ex}(\tau) \delta(t - \tau) d\tau, (1)$$

где  $t$  – текущее время,  $\tau$  - формальная переменная,  $\delta(t - \tau)$  - дельта функция после замены  $t_0$  (произвольное время смещения входного воздействия) на значение  $\tau$ ,

или

$$u_{\text{вых}}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} u_{\text{вх}}(\tau)h(t-\tau)d\tau, (2)$$

где  $h(t-\tau)$  - отклик системы на входной сигнал  $\delta(t-t_0)$ .

Эта формула называется интегралом Дюамеля. Соотношение (2) свидетельствует о том, что выходной сигнал линейной стационарной системы представляет собой свертку двух функций — входного сигнала и импульсной характеристики системы.

На рисунке 1 приведена разработанная нами в Matlab 7.01 [2,3] имитационная модель для получения выходного сигнала пьезопреобразователя, работающего в режиме излучение-прием по формуле (2).

Так, если даже слегка приблизить форму входного сигнала к синусоидальному импульсу (рисунок 2), то и форма выходного сигнала пьезопреобразователя существенно приблизится к синусоидальной (рисунок 3). При этом время возникновения выходного сигнала точно совпадает со временем возникновения входного сигнала. Это позволяет точно оценить задержку срабатывания ультразвуковой измерительной аппаратуры за счет наличия пороговых фиксирующих устройств в структурной (аналогично, принципиальной электрической схеме) ультразвуковых измерительных приборов.

Для иллюстрации возможности использования разработанной имитационной модели пьезопреобразователя (излучающего, приемного или совмещенного) по рисунку 1 для включения в виде готового блока в имитационные модели ультразвуковых измерительных приборов имитационная модель по рисунку 1 дополнена нами блоками формирователя электроакустического сигнала, что иллюстрируется рисунком 4

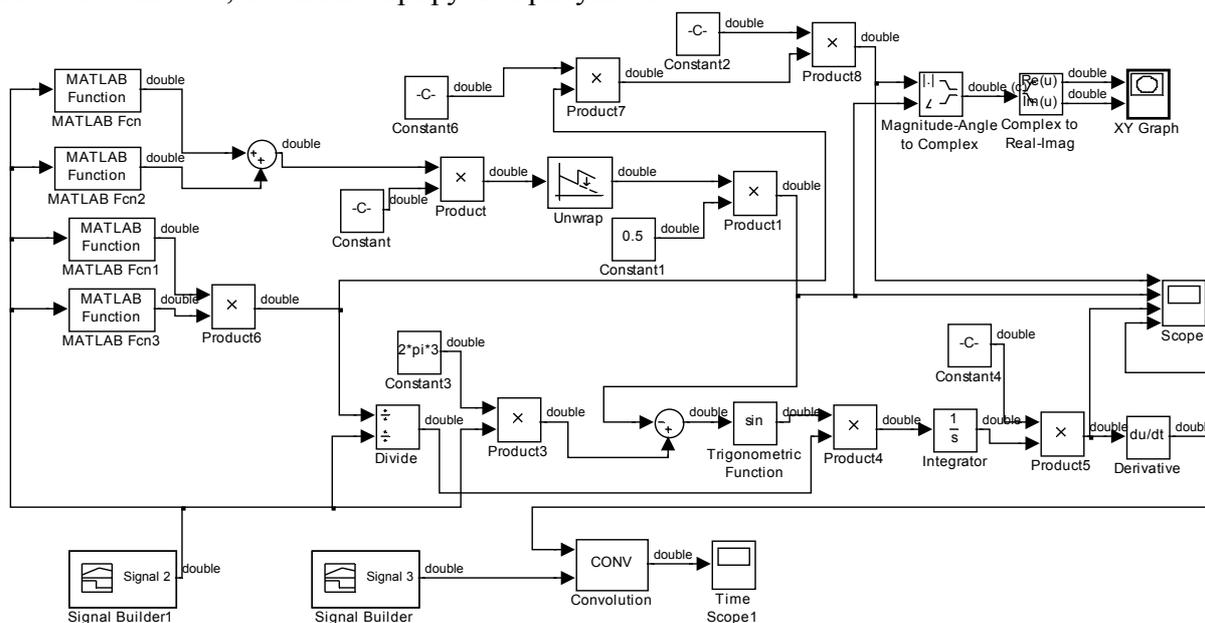


Рисунок 1

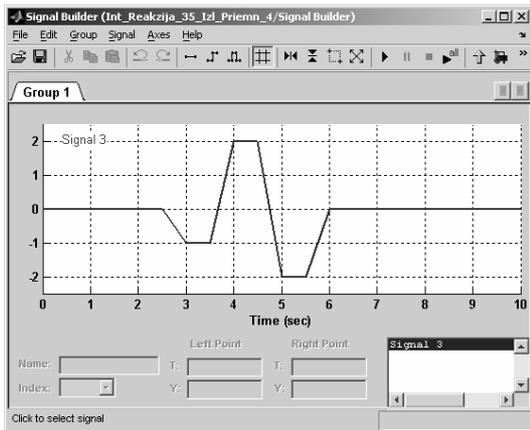


Рисунок 2



Рисунок 3

На рисунке 4 блок Dead Zone1 детектирует сигнал с выхода блока Convolution, блок Integrator1 интегрирует его, а блок Hit Crossing осуществляет привязку к переднему фронту принятого импульса, вырабатывая короткий нормированный импульс в момент достижения входным сигналом заданного порогового уровня (-0,1 В в данном случае).

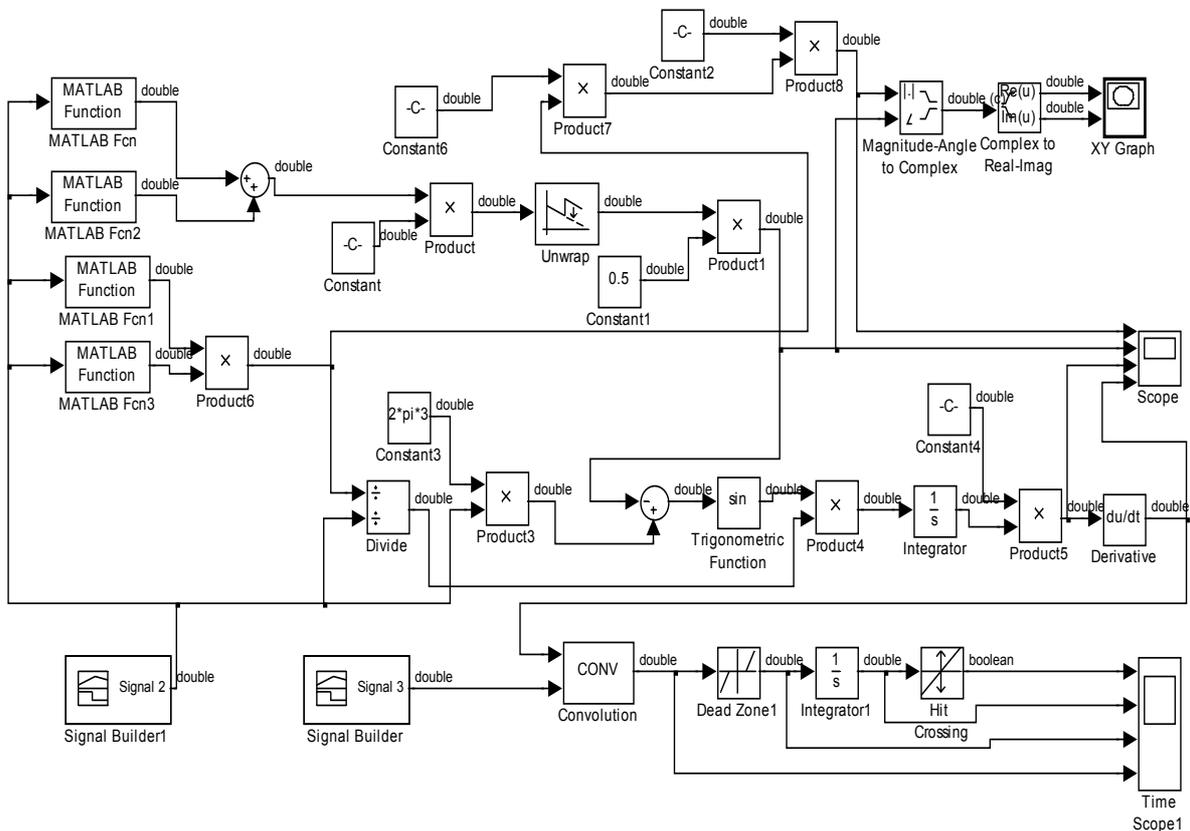


Рисунок 4

Соответствующие осциллограммы преобразования сигнала, прошедшего через излучающий и приемный пьезопреобразователи, приведены на рисунке 5. Из осциллограмм по рисунку 5 не составляет большого труда определить время задержки электроакустического импульса, прошедшего через излучающий и приемный пьезопреобразователи, и учесть его в имитационной модели ультразвукового измерительного прибора.

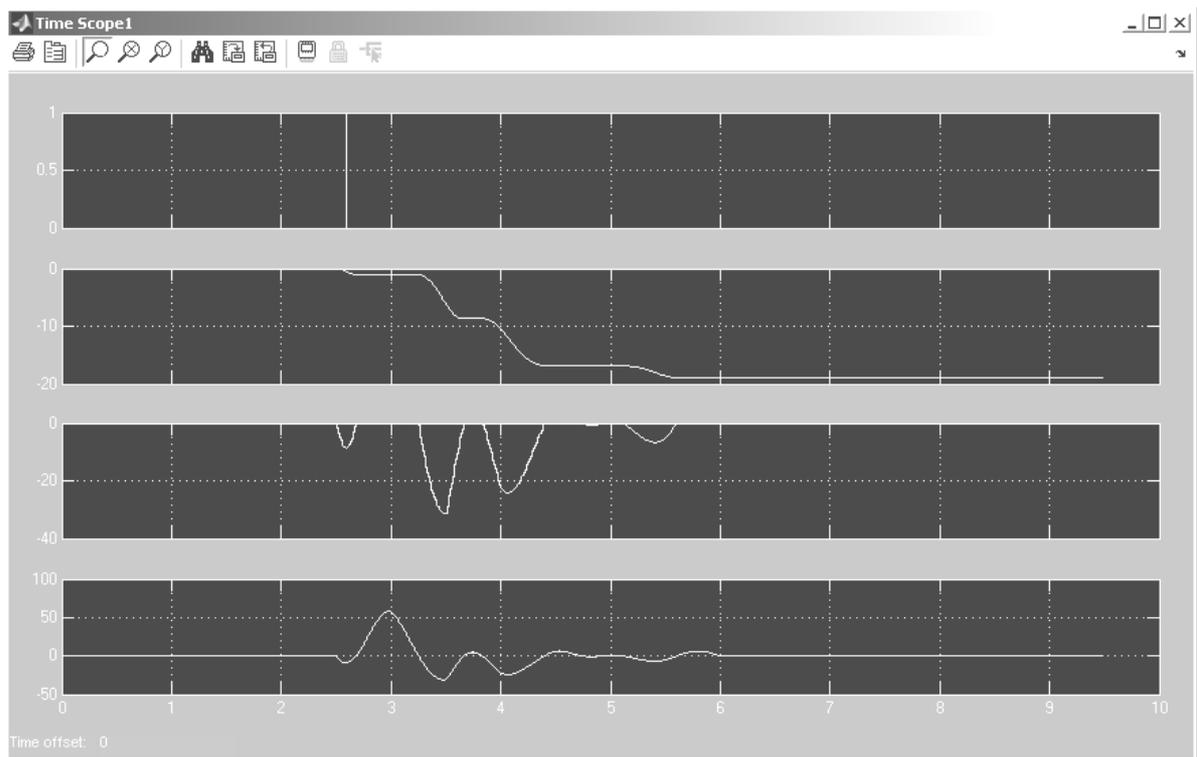


Рисунок 5

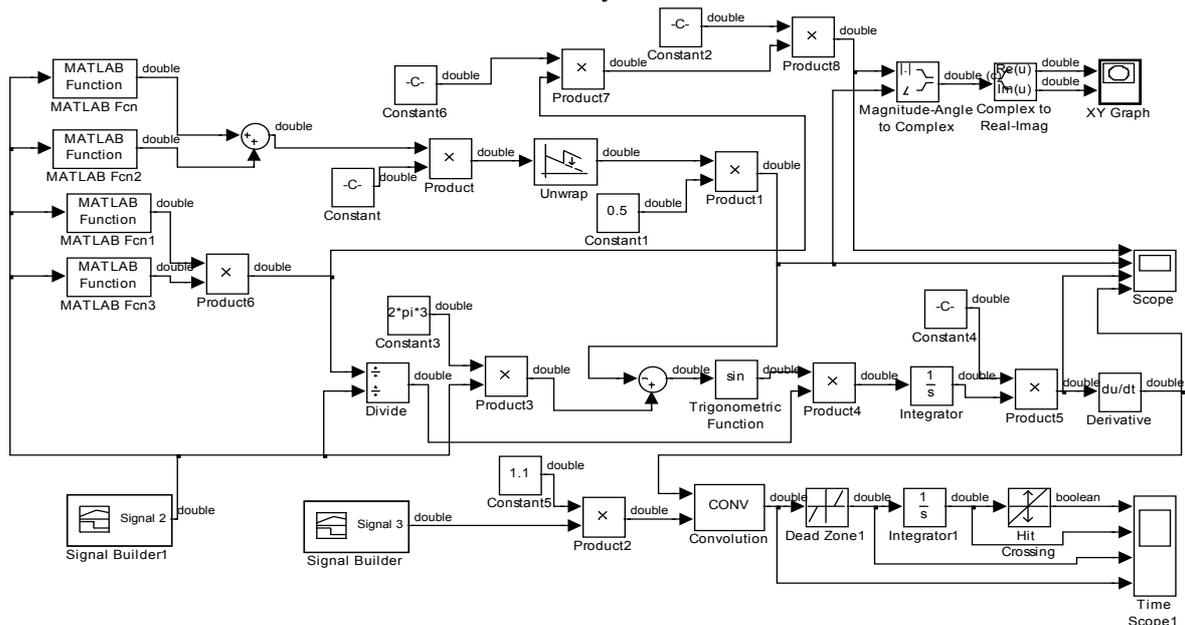


Рисунок 6

При этом, изменяя в необходимых пределах амплитуду сигнала в блоке Signal Builder, или умножая этот сигнал с помощью блока Product2 и блока Constant5 (на рисунке 6) на необходимый коэффициент (1.1 в данном случае), с помощью имитационной модели по рисунку 6 легко определить соответствующие пределы изменения времени задержки электроакустического импульса от флуктуации амплитуды принятого сигнала в контролируемой среде.

Имитационные модели по рисунку 4 и по рисунку 6 при принятых условиях моделирования позволили установить, что при увеличении амплитуды сигнала с выхода блока Signal Builder на 10% время задержки электроакустического импульса от флуктуации амплитуды принятого сигнала в контролируемой среде увеличивается лишь на 6%. Обязательным условием успешного моделирования при этом является задание дискретного времени  $Sample\ time=[0.01]$  (или меньшего по величине в зависимости от вычислительных возможностей компьютера) моделирования в меню блока Dead Zone1, поскольку именно такое время уже

установлено в блока MATLAB Fcn и MATLAB Fcn2 в связи с использованием блока Unwrap при создании ФЧХ.

Использованные литературные источники

- 1) Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – 2-е изд., перераб., и доп. – М.: Высш. Шк., 1988. – 448 с.
- 2) Matlab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя / Дьяконов В. П. - М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 768 с.
- 3) Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения Matlab. Специальный справочник – СПб.: Питер, 2001. – 480 с.

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АПК

Воробьев Р.Н., аспирант,  
Воробьев Н.П., доцент, к.т.н.

Имитационное моделирование технических средств ультразвукового контроля параметров технологических процессов АПК проводилось в среде MatLab 6.5 с использованием приложений MatLab 6.5 Simulink, пакета расширения Fixed-Point Blockset, пакета Digital Signal Processing Blockset и пакета Control System Toolbox. При разработке имитационных моделей использованы специальные технические издания по MatLab 6.5 [1], а также ресурсы Интернета. Результаты моделирования представлены не только в виде графического материала, но и в виде таблиц, содержащихся в подрисуночных надписях формата m-файлов MatLab 6.5. Поскольку имитационное моделирование произведено для 7-ми ультразвуковых приборов контроля параметров технологических процессов в АПК, рассмотрим, для примера, только имитационное моделирование ультразвукового измерителя концентрации аммиака в воздухе рабочей зоны предприятий АПК.

Нами разработана модель устройства для косвенного измерения скорости ультразвука по рисунку 1 [2] (рисунок 2).

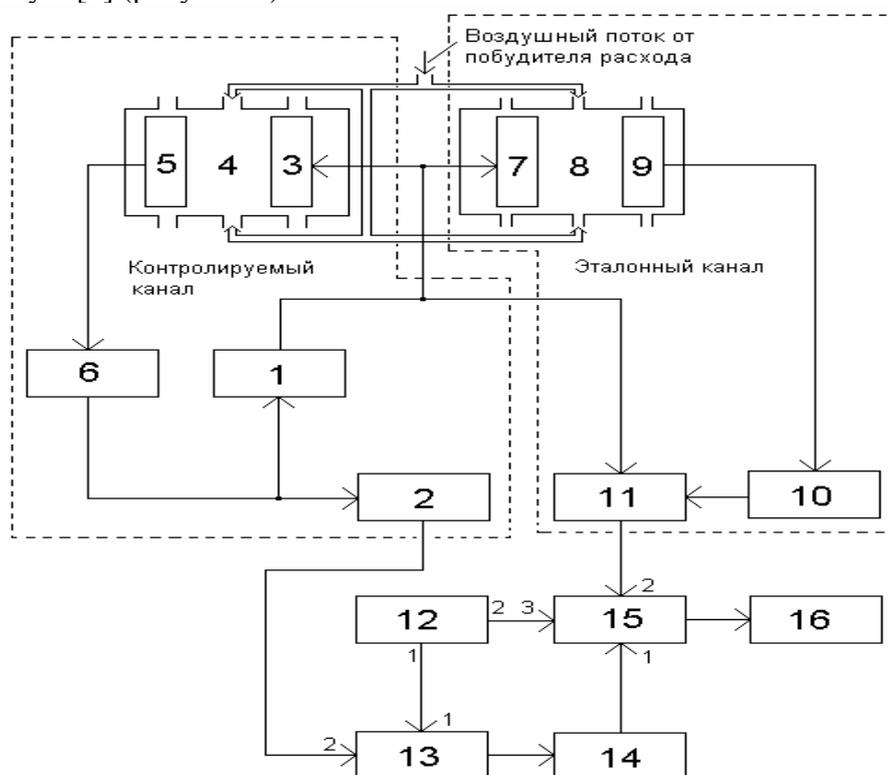


Рисунок 1  
Номера блоков на рисунке 2 и на рисунке 1 совпадают.

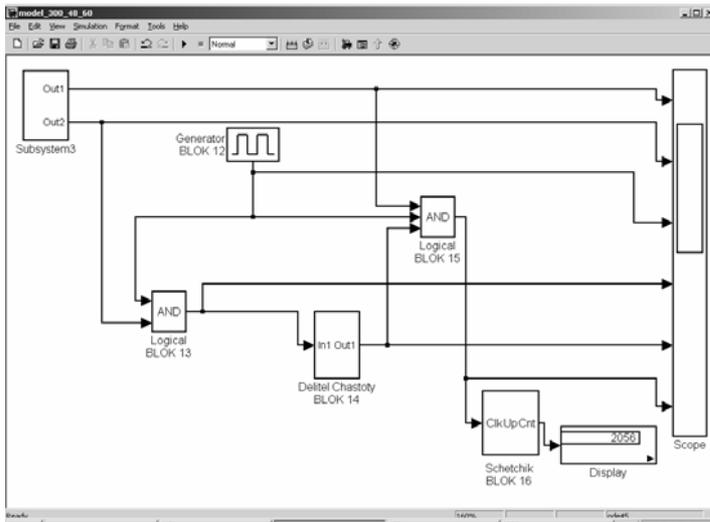


Рисунок 2,а

В результате исследования разработанной модели получена зависимость показаний прибора (у) от изменения временной задержки в эталонном канале (х) в секундах (рисунок 3) при использовании эталонного канала в качестве контролируемого.

На рисунке 4 приведена зависимость показаний прибора (Y) от концентрации (X) аммиака в воздухе при использовании эталонного канала в качестве контролируемого.

На рисунке 5 приведена зависимость показаний прибора (у) от одновременного изменения временной задержки в эталонном канале и в измерительном канале (х) в процентах от начального значения с линеаризацией.

Результаты проведенных исследований на имитационной модели прибора полностью подтверждают аналитические исследования устройства по рисунку 1.

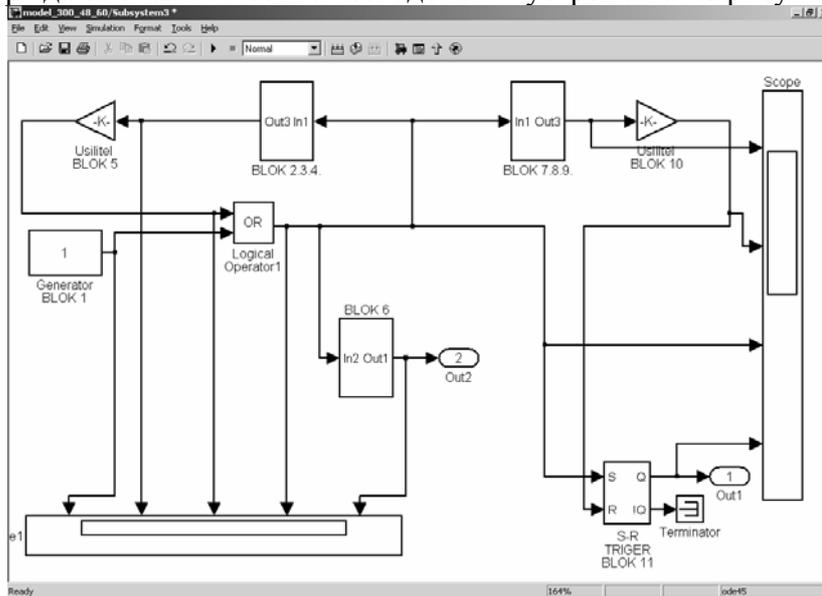


Рисунок 2,б

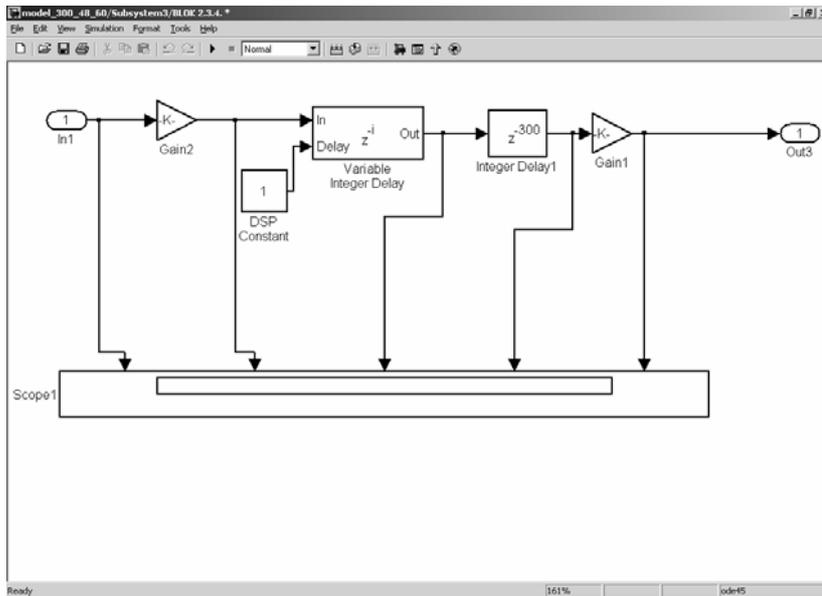


Рисунок 2,в

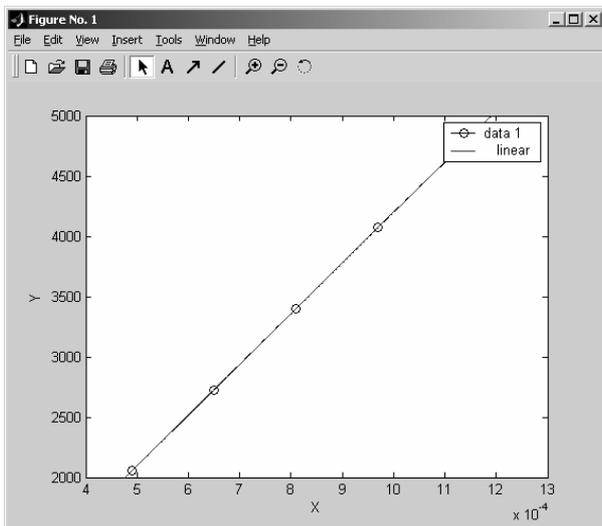


Рисунок 3

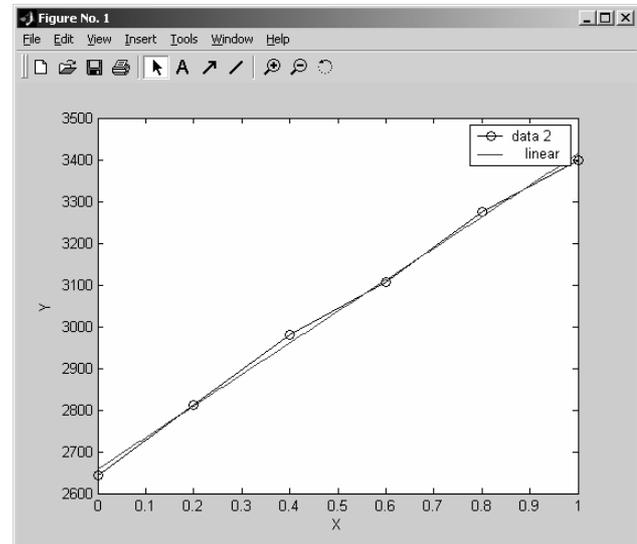


Рисунок 4

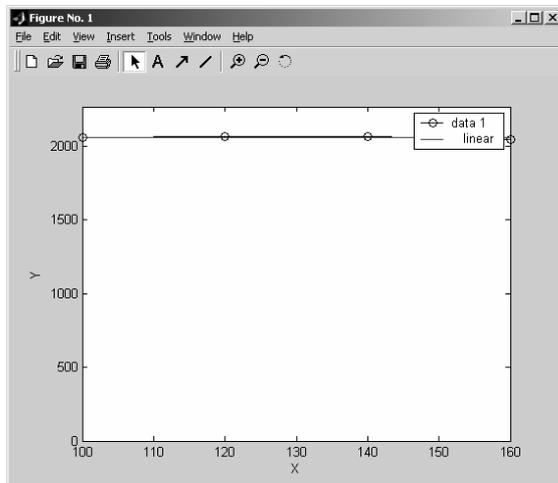


Рисунок 5

В таблице 1, в таблице 2, в таблице 3 и в таблице 4 приведены сводные данные исследования параметров созданной модели ультразвукового измерительного прибора.

Таблица 1 - Зависимость показаний прибора от изменения концентрации аммиака в контролируемом канале в пределах от 0 до 1 (рисунок 4)

№ опыта	X-концентрация NH <sub>3</sub>	Частота автоциркуляции, F, Гц	Задержка, с	Показания прибора
1	0	1626	0.00062	2644
2	0.2	1522	0.00066	2812
3	0.4	1436	0.00070	2980
4	0.6	1363	0.00073	3106
5	0.8	1300	0.00077	3274
6	1	1245	0.00080	3400

Таблица 2 - Зависимость показаний прибора от изменения задержки в контролируемом канале в пределах от 60 до 140 %

№ опыта	Контролируемый, канал задержка, с	Эталонный канал, задержка, с	%	Показания прибора
1	0,000181	0,00081	60	5668
2	0,000241	0,00081	80	4285
3	0,000301	0,00081	100	3400
4	0,000361	0,00081	120	2833
5	0,000421	0,00081	140	2428

Таблица 3 - Зависимость показаний прибора от изменения задержки в эталонном канале в пределах от 60 до 140 %

№ опыта	Контролируемый, канал задержка, с	Эталонный канал, задержка, с	%	Показания прибора
1	0,000301	0,00049	60	2056
2	0,000301	0,00065	80	2728
3	0,000301	0,00081	100	3400
4	0,000301	0,00097	120	4072
5	0,000301	0,00113	140	4744

Таблица 4 - Зависимость показаний прибора (y) от одновременного изменения временной задержки в эталонном канале и в измерительном канале (x) в процентах

X	100	120	140	160
Y	2056	2063	2068	2049

Произведено также имитационное моделирование ультразвукового прибора для контроля содержания CO<sub>2</sub> в почвенном воздухе (выявлена зависимость показаний прибора (y) от изменения концентрации CO<sub>2</sub> в контролируемом канале (x)), ультразвукового уровнемера для измерения уровня аммиака в циркуляционном ресивере (получена зависимость показаний модели ультразвукового уровнемера от расчетных значений расстояний в воздухе до лоцируемой поверхности), ультразвукового термометра (показан квадратирующий эффект в показаниях термометра), ультразвукового измерителя влажности сена, сенажа и сенной муки (получена зависимость показаний прибора (y) от одновременного изменения временной задержки в контролируемом и эталонном канале (x) в секундах), ультразвукового прибора для контроля влажности сыпучих минеральных удобрений (модель ультразвукового устройства для определения скорости ультразвука (с шумами)) и ультразвукового измерителя влажности хлопко-сырца (модель измерителя скорости ультразвука с запуском от трижды отраженного ультразвукового импульса).

Результаты проведенного моделирования являются новыми, хорошо согласуются с теоретическими положениями и позволяют использовать имитационное моделирование при анализе и проектировании ультразвуковых контрольно-измерительных приборов для контроля параметров технологических процессов АПК.

Использованные литературные источники

- 1) Matlab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя / Дьяконов В. П. - М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 768 с.
- 2) Патент РФ по заявке № 2104503, МКИ G 01 H 5/00. Способ определения скорости ультразвука/ Воробьев Н.П., Дураков Е.И. - № 93032554/28; Заявл. 22.06.93; Опубл. 10.02.98 Бюлл. № 4.

## ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПОЛИАНИЛИНОВЫХ СЛОЕВ

К.С.Тамбовцев (5 курс, Санкт-Петербургский гос. политехнический университет)

Полианилин (ПАНИ) является представителем класса электропроводящих полимеров, его проводимость можно изменять путем допирования в интервале  $10^{-8}$ – $10^5$  См/м. Полианилин обладает также комплексом окислительно-восстановительных, анионообменных, нелинейных оптических свойств, способностью к экранированию электромагнитного излучения, фотоиндуцированному переносу заряда и другими. Выяснение механизма формирования, зарождения и роста слоев и дисперсных частиц полианилина является важной фундаментальной задачей, решение которой позволит обеспечить контролируемый синтез слоев и дисперсий заданных размеров, структуры и морфологии. Также остается до конца не выясненным механизм электропроводности полианилина [1].

Многие исследования полианилина посвящены изучению механизма электропроводности. Изменения электрических, оптических и магнитных свойств полианилина при допировании описываются как переход диэлектрик – металл в результате протонирования. Эти изменения отличаются от наблюдаемого у других проводящих полимеров: система сопряжения полианилина не является симметричной, вследствие чего уровень Ферми не находится посередине запрещенной зоны; в цепь сопряжения входят циклы углеродных атомов и атомы азота, что напоминает блок-сополимер типа А – В; электронное состояние полианилина зависит от количества электронов, приходящегося на повторяющееся звено, а также от количества протонов на повторяющееся звено. Сделано предположение, что в форме протонированного эмералдина структура полианилина представляет собой проводящие островки, являющиеся также областями кристалличности, в аморфной матрице. Перенос заряда осуществляется туннелированием между островками. В пределах островков возможны прыжки носителей заряда как вдоль полимерных цепей, так и между ними, то есть электроны имеют трехмерную делокализацию, обеспечивающую металлическую проводимость. Такое строение отличается от классических квазиодномерных органических проводников, в которых проводящие цепи изолированы друг от друга. Между островками находятся неупорядоченные аморфные области, в которых макроскопическая проводимость определяется перескоками электронов. Длина цепей сопряжения оценена в  $50\text{\AA}$  в продольном направлении. Такие представления подтверждены измерениями проводимости и диэлектрической проницаемости на частоте  $6,5 \cdot 10^9$  Гц, величины которых растут с увеличением степени допирования протонами [2], а также с помощью измерения температурных зависимостей электропроводности, термо-ЭДС, диэлектрической проницаемости, ВАХ и спектров ЭПР ориентированных слоев полианилина, допированного HCl [3].

Для выяснения природы перехода металл – диэлектрик и механизма электропроводности осуществлены [4] низкотемпературные измерения проводимости вплоть до температуры 0,01К. Показано, что при  $T > 20\text{K}$  в проводимости участвуют не все имеющиеся носители заряда, тогда как при сверхнизких температурах, когда задействованы все носители, величина удельной проводимости достигает значений, характерных для меди.

Для измерения электропроводности в различных условиях использовалась автоматизированная установка для измерения характеристик полупроводников. Была сконструирована и изготовлена специальная ячейка для измерения удельного сопротивления образцов четырехзондовым методом. Опытные образцы представляли собой круглые пластины из кварцевого стекла диаметром 13мм с симметрично расположенными четырьмя золотыми контактами, и нанесенным поверх них слоем полианилина в протонированной форме. Полианилиновый слой образовывался на подложках в процессе синтеза. Толщина слоя полианилина составляла  $(120 \pm 15)\text{нм}$ . Определенная четырехзондовым методом удельная электропроводность для изученных образцов составила от 51См/м до 111См/м. Полученные значения удельной проводимости соответствуют значениям, известным из литературы и частных сообщений других исследовательских групп.

Измерения температурных зависимостей удельного сопротивления и удельной проводимости слоев протонированной и основной форм полианилина проводились двухзондовым

методом. По полученным значениям проводимости  $\sigma$  можно оценить энергию активации проводимости  $\Delta E$ , для полианилина в протонированной форме она оказывается равна 1,2эВ, что соответствует узкозонному полупроводнику. Полианилин в основной форме является диэлектриком, однако  $\Delta E$  для него оказывается меньше, чем для протонированной формы, около 0,6эВ, что не представляется правдоподобным. Кроме того, в координатах  $(1/T, \ln\sigma)$  полученные зависимости не являются прямолинейными. Видимо, в этом случае нельзя применять представления о зонной структуре, то есть требуются дополнительные эксперименты для объяснения механизма проводимости [5].

Анализ результатов работы позволяет сделать следующие выводы: полученные значения проводимости слоев полианилина соответствуют литературным данным, и результаты измерений можно считать достоверными; необходимо усовершенствовать измерительную ячейку, чтобы изолировать слои полианилина от влияния окружающей среды; необходимо продолжение экспериментов по изучению температурных зависимостей свойств пленок полианилина с различными степенями допирования, в том числе диэлектрической проницаемости, проводимости, на постоянном и переменном токе.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Тамбовцев К.С., Капралова В.М. Пленки электропроводящих полимеров: некоторые свойства и перспективы применения в электронике. // «XXXII Неделя Науки», часть VI, материалы межвузовской научной конференции, СПб, изд. СПбГПУ, 2003, С. 106-108.
2. H.H.S.Javadi, K.R.Cromack, A.G.MacDiarmid, A.J.Epstein. Microwave transport in the emeraldine form of polyaniline. // Phys.Rev. B, 1989, v.39, N6, p.3579-3584.
3. Z.H.Wang, E.M.Scherr, A.G.MacDiarmid, A.J.Epstein. Transport and EPR studies of polyaniline: a quasi-one-dimensional conductor with three-dimensional "metallic" state. // Phys.Rev.B, 1992, v.45, N8, p.4190-4202.
4. R.S.Kohlman, A.Zibold, D.B.Tanner, G.G.Ihas, T.Ishiguro, Y.G.Min, A.G.MacDiarmid, A.J.Epstein. Limits for metallic conductivity in conducting polymers. // Phys.Rev.Lett., 1997, v.78, N20, p.3915-3918.
5. Тамбовцев К.С. Электропроводность полианилиновых пленок. // Выпускная работа бакалавра, СПбГПУ, 2004.

## СТАБИЛИЗАЦИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

С.А.Горбунов (аспирант, ТПС СПбГУ ИТМО)

Задачи регулирования температуры являются достаточно актуальными при эксплуатации энергетических установок, устройств жизнеобеспечения, получения требуемых метрологических характеристик приборов, работающих в условиях перепадов температур а так же в технологических процессах. Довольно остро стоит вопрос регулирования и контроля температуры, так как температура является одним из очень важных параметров в процессе производства. Одной из задач, возникающих при автоматизации производственных процессов, является задача поддержания на определённом уровне или управление по определённой программе технологической величины температуры при производстве какого-либо объекта.

Для решения указанной задачи необходимо:

- измерить величины;
- осуществить определённые вычислительные операции, в том числе сравнение измеренных значений с заданными;
- воздействовать на технологический процесс таким образом, чтобы исследуемый параметр находился в указанных пределах;

В некоторых вариантах необходимо определённое воздействие на регулируемый объект через дополнительные системы, непосредственно влияющие на изменение температуры объекта.

В настоящее время всё больше актуальны вопросы экономии средств и эффективности производства. Для этого разрабатываются разнообразные системы регулирования и контроля параметров технологических процессов, необходимых для получения изделий высокого качества.

Проблема систем регулирования заключается также в неприменимости одной системы регуляции температуры в условиях другого технического процесса. В результате уже созданные и работающие системы регулирования и контроля температуры в основном обеспечивают регулирование температуры только в конкретном технологическом процессе, что является экономически неэффективно в условиях функционирования малых и средних предприятий. Поэтому встал вопрос о создании универсальной системы контроля и регулирования температуры объектов, которая без значительных изменений в схеме прибора могла бы легко переноситься с контроля температуры одного технологического процесса на регуляцию другого процесса.

В связи с этим рассматривается возможность создания регулятора температуры, позволяющего решать широкий круг задач термостабилизации за счет адаптации его параметров к характеристикам различных термодатчиков и исполнительных элементов. В качестве термопреобразователя в электронном регуляторе температуры могут применяться термосопротивление, термопара, параметрические преобразователи, манометрические датчики. Этим достигается требуемая точность и широкий диапазон температур, с которыми может работать регулятор. Противоречие между требованием универсальности регулятора и уровнем его точности разрешено путем разделения адаптируемых параметров между двумя частями устройства: схемой сравнения и усилительным трактом. Согласование различных видов чувствительных элементов (терморезисторов с различными характеристиками) с параметрами регулятора обеспечивается подстройкой мостовой схемы, обеспечивающей формирование разностного сигнала, а компенсация изменения крутизны статических характеристик датчиков – изменением коэффициента усиления регулятора.

Все датчики автоматических устройств, несмотря на их большое разнообразие измеряемых ими величин, преобразуют их на выходе в ограниченное число физических величин: электрическое сопротивление, ёмкость, силу тока, напряжение, самоиндукцию. В данном случае мостовая схема необходима для преобразования полученного изменения сопротивления  $R_t$  в измеряемое напряжение  $U_d$ .

Предлагаемый прибор может регулировать температуру на разнообразных объектах, поэтому для разных температурных условий применяются чувствительные взаимозаменяемые элементы с разными характеристиками, которые легко подлежат замене.

Разработанный прибор контроля и регулирования температуры представляет собой автоматический регулятор, в основу работы которого положен принцип сравнения полученного сигнала с заданным уровнем. Преимуществом данной системы является работа с различными объектами и системами нагрева и охлаждения. Прибор запускает и отключает соответствующие системы, а так же обеспечивает возможность отключения процесса в случае аварийной ситуации, что расширяет круг его применения.

Таким образом, для решения технических и технологических проблем терморегуляции эффективно можно использовать приборы с широким спектром применения и работающих в больших диапазонах температур. Использование подобных систем позволяет обеспечивать достаточно широкое применение дискретной стабилизации и регулирования температуры в различных технологических процессах. Итогом выполненной работы являются расчёты элементов прибора и его характеристик, сделан точностной анализ системы стабилизации, определён уровень надёжности прибора и определена экономическая эффективность системы температурной стабилизации на конкретном реальном объекте.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Проволочные резисторы. Справочник под ред. Железнова М.Т. М: Энергоатомиздат, 1987 г.
2. Тимошенко К.Д. Датчики температуры с твёрдым наполнителем. М: Радио и связь, 1991 г.

## МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРЕДПРОБИВНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПОЛИМЕРНЫХ ДИЭЛЕКТРИКАХ

А.В.Ажоткин (5 курс, Санкт-Петербургский гос. политехнический университет)

Интерес к изучению процесса электрического старения полимерных диэлектриков существовал всегда. Это связано с одной стороны с тем, что данные материалы имеют важное техническое приложение, а с другой стороны, физический механизм процесса до сих пор до конца не ясен. Особенностью процесса электрического старения полимеров является то, что при пробое они, как правило, разрушаются [1]. Поэтому важно исследовать механизмы, которые приводят к их разрушению. Есть основания полагать, что под воздействием сильного электрического поля в полимерах появляются различного рода деформации и проводящие каналы, размеры которых не превышают десятков микрон [2]. Таким образом, представляется особенный интерес увидеть, что же происходит с образцом, как формируется область разрушения.

Нами была разработана, сконструирована и изготовлена экспериментальная установка, позволяющая получать изображение полимерных пленочных образцов, подвергающихся воздействию сильного электрического поля. На полипропиленовую пленку толщиной 3 мкм термическим напылением в вакууме наносились медные электроды, на которые через ограничивающее сопротивление  $\sim 10^9$  Ом, подавалось возрастающее напряжение. Ограничивающее сопротивление было выбрано большим для того, чтобы разрушение образца было обусловлено только энергией, накопленной в самом образце. Все изменения, которые могут происходить в образце под действием электрического поля, фиксировались посредством цифровой камеры, совмещенной с оптической системой и подключенной к компьютеру. Протекающий в момент пробоя ток фиксировался с помощью записывающего осциллографа. Оптическая система, совмещенная с видеокамерой, позволяла нам регистрировать изображение с разрешением  $\sim 10$  мкм и частотой 15 кадров в секунду.

После включения напряжения в нижней левой части образца наблюдается свечение, в области как верхнего, так и нижнего электрода. Сначала светлое пятно растет в этой области образца, потом оно быстро распространяется вправо, уменьшая при этом свою интенсивность. Пятно присутствует до начала самого пробоя и пропадает только после его начала, когда уже образовался канал. На первом кадре пробоя отчетливо виден уже сформировавшийся проводящий канал площадью  $\sim 0.03$  мм<sup>2</sup>. Время формирования канала составляет величину меньшую обратной частоты кадров съемки, т.е.  $\tau < \frac{1}{15} \cong 0.07$  с.

В момент начала пробоя напряжения на образце упало практически до нуля, но развитие канала не остановилось. В последней стадии вблизи образовавшегося большого канала формируются микроскопические каналы, площадью  $\sim 0.3 \cdot 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>. Еще один канал образовался вдоль границы верхнего электрода над нижним, где поле наиболее неоднородно. На рис.1 показано окончательное состояние образца: как площадь канала, так и его форма больше не изменялась, новые проводящие каналы больше не возникали. Эволюция канала пробоя происходила значительно медленнее, чем образование самого канала. Рост канала происходил в течение  $\sim 2,5$  с. В области пробоя полностью испарился материал диэлектрика и электроды. Считается, что разрушение полимера (образование полого канала с проводящими стенками в результате испарения полимера и образования сажи) происходит вследствие выделения джоулева тепла и разогрева материала до высоких температур при резком возрастании тока.

Средняя плотность тока, текущего через канал определяется как:  $j = \frac{U_{ext}}{R \cdot S_{ch}}$ , А/см, где  $U_{ext}$  - напряжение на образце,  $R$  - сопротивление внешней цепи,  $S_{ch}$  - площадь образовавшегося канала. При  $U_{ext} = 5 \cdot 10^3$  А/см,  $R = 10^9$  Ом и  $S_{ch} = 0.3 \cdot 10^{-3}$  см<sup>2</sup> эта величина составит  $5 \cdot 10^{-3}$  А/см, соответствует удельной мощности  $\sim 10^5$  Вт/см, а как известно из литературы, для разрушения

полимера удельная мощность должна составлять величину  $6 \cdot 10^{10}$  Вт/см. Это говорит о том, что разрушение образца в области пробоя было обусловлено запасенной в нем энергией.

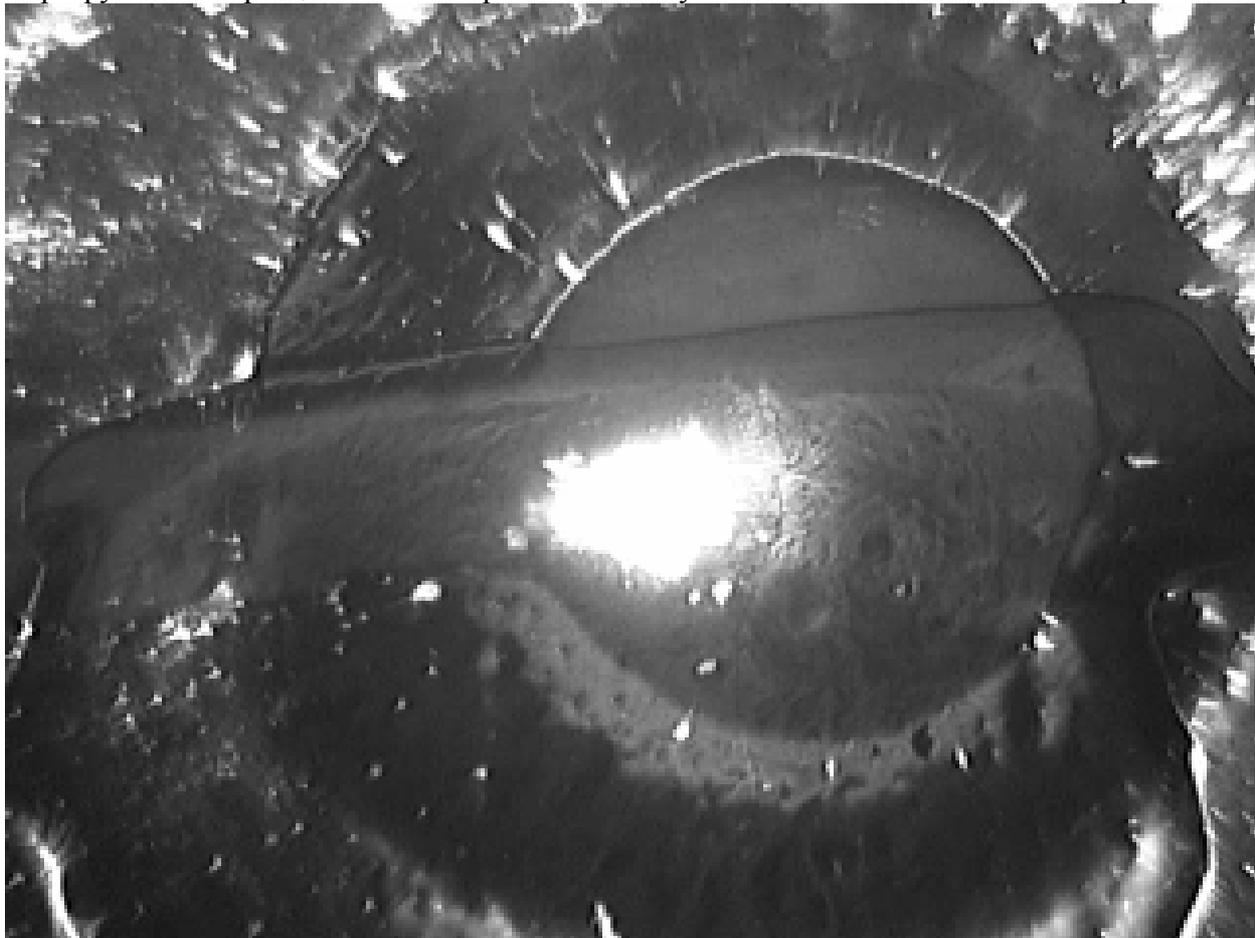


Рис.1. Фотография наблюдаемого пробоя в диэлектрике.

ЛИТЕРАТУРА:

- 1.Закревский В.А., Слуцкер А.И. Высокомол.соедин. 1984. Т.26(А), №6, С.1201-1206.
- 2.Linfu D., Kao. J., Appl. Phys. 85, 2, 1089 (1999).
- 3.Riehl N., Baessler H., Hunklinger S., Spannring W., Vaubel G., Non-Destructive breakdown in mylar films – Part I,II, Z. angew. Phys. 27.Bd.,Heft 5, 1969.

## СЕКЦИЯ «КОТЛОСТРОЕНИЕ»

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ В СРЕДЕ ЮНИГРАФИКС

Соловьёв М. В – студент гр.ЭМ-02  
Грин В.М. - к.ф.-м.н., доцент

В результате развития информационных технологий в области проектирования и производства в последние годы интенсивно разрабатываются интегрированные комплексы конструкторско-технологического проектирования, ядром которых являются системы твердотельного моделирования.

В данной работе на базе системы твердотельного моделирования ЮНИГРАФИКС, принятой в качестве базовой САПР корпорацией «Энергомаш», создан комплекс программ по проектированию пароперегревателей паровых котлов.

Пароперегреватель предназначен для перегрева поступающего в него насыщенного пара до заданной температуры. Он является одним из наиболее ответственных элементов котла, так как температура пара здесь достигает наибольших значений, и размещается он в зоне высокой температуры газов. Перегрев пара в пароперегревателях выше температуры насыщения необходим по соображениям повышения термического КПД электростанций и предупреждения эрозии лопаточного аппарата водой из сконденсировавшегося на лопатках турбины пара.

Разработанный программный комплекс позволяет легко и быстро произвести расчёт и проектирование пароперегревателей паровых котлов, а так же получить комплект чертежей для их изготовления.

### ПАРОВОЙ КОТЕЛ- УТИЛИЗАТОР ДЛЯ РАБОТЫ С ГАЗОВОЙ ТУРБИНОЙ МОЩНОСТЬЮ 25 МВт

Бабакова Н.В. – студентка гр. ЭМ-01  
Маслов К.В. – доцент

На сегодняшний день теплоэнергетика России развивается, но проблемы экологии и экономики в стране стоят на повестке дня. Наиболее перспективно применение газотурбинных установок с котлами – утилизаторами. Строительство новых ТЭЦ с применением ПГУ, КПД которых приближается к 60%, эффективнее реконструкции действующих КЭС, КПД которых не превышает 40%. В зоне централизованного газоснабжения ТЭЦ на газе с современными парогазовыми установками, безусловно, экономичнее станций других типов, особенно с учетом требований экологии. Высокий спрос на ПГУ со стороны заказчиков обусловлен следующими основными преимуществами: высокая экономичность; хорошие экологические показатели; гибкость тепловой схемы, возможность удовлетворить требования заказчика по эксплуатационным характеристикам.

В данной работе представлен проект нового котла – утилизатора для работы с газовой турбиной НК-37 мощностью 25 МВт. Котел-утилизатор вертикальной компоновки, компактен, поверхности нагрева расположены горизонтально, работает с принудительной циркуляцией. В котле применены 2 контура давления, что обеспечивает лучшую утилизацию газов. Контур среднего и низкого давления работают на выработку электроэнергии, а сетевой подогреватель на выработку тепла. В качестве сепарационных устройств используются барабаны. Котел установлен на собственном каркасе. Газоходы котла не экранированы из-за низкой температуры, ограждения газоплотные. Изоляция внутренняя с обшивкой изнутри газохода металлическим листом толщиной в 1мм. Конструкция блочная, чтобы обеспечить ремонтно-пригодность котла. Для борьбы с шумом применяется шумоглушитель.

В ходе работы производится тепловой расчет котла, гидравлический расчет циркуляционного контура среднего давления, аэродинамический расчет газо-воздушного тракта котла, расчет на прочность экранных труб, коллекторов, паропроводящих труб испарительного блока среднего давления, автоматизация пароводяного тракта котла, технология изготовления испарительного блока которые подтверждают эффективность применения данного котла.

В графической части работы выполнены: Компоновка ГТЭС, общий вид котла, испарительный блок среднего давления, блок шумоглушителя, барабан, схема автоматического регулирования пароводяного тракта котла и гидравлическая схема пароводяного тракта котла.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА И ПРОЕКТ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА МОЩНОСТЬЮ 1,16 МВт ДЛЯ РАБОТЫ НА ЖИДКОМ ТОПЛИВЕ ЛЕГКОЙ ФРАКЦИИ

Бурцев И.А. – студент гр. ЭМ-02  
Симанов В.И. – доцент

На сегодняшний день, в коммунальной энергетике Сибири и Алтайского края, в частности, широко распространены водогрейные котлы малой мощности, работающие на каменных, бурых углях, на природном газе и других видах органического топлива.

Перспективы применения котлов малой мощности в коммунальной энергетике зависят от эффективности использования топлива, которая в свою очередь основывается на техническом совершенстве котельных установок, при котором достигается оптимальный ход топочных процессов.

Поиск путей оптимизации топочного процесса в топливосжигающих установках невозможен без глубокого знания и понимания особенностей современных и перспективных топлив, применяемых в энергетике. Фундаментом для глубокого понимания процессов, протекающих при сжигании в ограниченных объемах топочных камер, должно служить изучение свойств и характеристик топлива, изменяющихся как в процессе его подготовки к сжиганию, так и в процессе самого сжигания. Именно с этих позиции далее будут рассмотрены жидкие, применяемые в России.

Учитывая структуру топливного баланса в Российской Федерации, на отечественном рынке чаще всего встречаются горелки, которые могут работать на природном газе или на легком жидком топливе. Кратковременно, при переходе с одного вида топлива на другой, в таких горелках допускается совместное сжигание топочного мазута и природного газа либо дизтоплива и природного газа.

Устройства для распыливания жидкостей (форсунки и распылители) широко применяют в современной технике во многих отраслях народного хозяйства. Для нас большее значение имеют форсунки применяемые в котлоагрегатах.

Несмотря на большое разнообразие конструктивных форм, форсунки можно классифицировать по принципу их действия. В данной работе рассмотрена форсунка с рециркуляцией топлива. Применение данного вида форсунок актуально для котлов малых мощностей, так как они способны показывать хорошие параметры распыливания при низких расходах топлива.

Целью работы является произвести испытания форсунки с рециркуляцией топлива для получения регулировочной характеристики и характеристики качества распыливания жидкости; разработка конструкции горелочного устройства на базе форсунки, которое в свою очередь предполагается установить на водогрейный котел малой мощности. Использование потенциала изменение характеристик данного горелочного устройства позволит снизить расход топлива при регулировании мощности котлоагрегата и следовательно уменьшить затраты на топливо, а так же повысить эффективность водогрейных котлов, применяемых в индивидуальных отопительных системах.

## ПРОЕКТ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА МОЩНОСТЬЮ 1,5 МВт ДЛЯ РАБОТЫ НА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДАХ

Онегов С.А. – студент гр.ЭМ-02  
Симанов В.И. – доцент

На сегодняшний день, в коммунальной энергетике Сибири и Алтайского края, в частности, широко распространены водогрейные котлы малой мощности, работающие на каменных, бурых углях и на природном газе. В связи с серьезным увеличением цен на энергоносители многие предприятия и отопительные котельные всё больше отдают предпочтение более дешёвым видам топлива, использование которых, не потребует больших капитальных затрат на их разработку и транспортировку. А напротив, позволит максимально выгодно и рационально использовать имеющиеся у них в распоряжении топливные ресурсы.

Российская Федерация издавна являлась крупнейшим производителем и поставщиком лесоматериалов. Топливом для огромного количества котельных деревообрабатывающих предприятий нашей страны зачастую служат отходы собственного производства, так как в связи с большой удаленностью различных деревень и поселков важной составляющей цены на топливо является транспорт.

Использование отходов в качестве топлива решает две важные задачи: максимальное использование местных топливных ресурсов и предохранение окружающей среды от загрязнения отходами производства.

Любая котельная установка имеет целью использование тепла, заключающегося в топливе. Имеющиеся на данный момент времени котельные агрегаты, работающие на альтернативных видах топлив, не могут в полной мере использовать это тепло. Основной проблемой в этом является сложность организации устойчивого топочного процесса.

Попытки модернизировать существующие котлы под утилизацию древесных отходов имеют весьма незначительный успех. Так как не обеспечивают полноту выгорания столь специфического вида топлива. Что ведёт к более низкому к.п.д. котлоагрегата в целом. Порой затраты на эксплуатацию такого котла, использующего альтернативные топлива, превосходят разницу в стоимости более дешевого и качественного топлива, не принося при этом ни какого экономического эффекта.

Но следует помнить, что невозможно предложить универсальное топочное устройство для всех видов древесных отходов. Из общего понятия «древесные отходы» необходимо дифференцировать тот вид топлива, который мы хотим сжигать, и, учитывая при этом все физические и химические характеристики данного топлива (влажность, размер и т.д.) предложить тот или иной способ сжигания древесины.

Для каждого конкретного топлива в литературе существуют рекомендуемые способы их утилизации.

- Сжигание больших кусков целесообразно на горизонтальных или наклонных решетках, при обязательном наличии вторичного дутья;
- Сухие опилки лучше сжигать в вихревой топочной камере, при этом необходимо иметь в виду, чтобы данное топливо по своему фракционному составу не содержало много мелочи;
- Для более крупных кусков применим кипящий слой.

Целью работы является разработка проекта оптимального топочного устройства для сжигания древесных отходов, исходя из опыта проектирования котлов такого типа.

Также в работе предложена конструкция топки которая обеспечивает устойчивый процесс горения, экономичное сжигание необходимого количества топлива, высокую производительность, удобную подачу топлива и воздуха, удобное удаление золы и шлака. С учетом большого количества положительных свойств для данного проекта выбрана топка с кипящим слоем, а имеющиеся недостатки устраняются путем проработки специальной конструкции котельной установки и организации топочного процесса.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА С КИПЯЩИМ СЛОЕМ.

Лушников.В.П. - студент гр.ЭМ-02

Пронь Г.П. – доцент

Представлены работы по наладке и испытаниям водогрейного котла с кипящим слоем работающего на древесных отходах (стружка, опилки).

Котел КВ-2.5-95 КС стальной водотрубный газо-плотный водогрейный с топкой кипящего слоя состоит из двух основных частей топочного устройства и конвективной части.

Топка имеет призматическую форму, со всех сторон ограничена газо-плотными экранами. В нижней части топки организован низкотемпературный кипящий слой, который поддерживается беспровальной колпачковой решеткой. Вдоль фронтального экрана решетка имеет провальную часть, через которую могут удаляться тяжелые и крупные инородные тела не более 100 мм. Короб сбора удаляемых частиц снабжен транспортирующим устройством с электроприводом. Воздух подается под распределительную решетку, которая монтируется на трубах заднего экрана.

Наполнитель слоя приводится в кипящее состояние с помощью воздуха. В разогретый до температуры воспламенения кипящий слой подается топливо, через амбразуру с помощью винтового питателя, где оно интенсивно перемешивается и сгорает.

Часть мелкого топлива уносится из слоя и догорает в надслоевом пространстве. Для эффективного выгорания уносимых частиц над слоем предусмотрено два яруса острого дутья.

Дымовые газы покидают топочное пространство через фестон, образованный трубами заднего экрана. Газы омывают конвективный пучок в два хода и покидают котел через межтрубные щели потолочного экрана. Далее дымовые газы протягиваются дымососом через блок циклонов, где очищаются от твердых частиц золы и унесенных частиц наполнителя.

В конвективном пучке при повороте дымовых газов на 180 градусов выпадают не догоревшие частицы топлива, которые с помощью воздушного эжектора возвращаются в топочное пространство для догорания.

В топке предусмотрен ремонтный лаз, гляделки и несколько лючков.

Вода поступает в нижний коллектор фронтального экрана и проходит все поверхности нагрева в соответствии со схемой показанной на рисунке 1. Экраны представляют собой газо-плотные панели из труб  $\varnothing 60 \times 4$  мм с шагом 80 мм. Конвективный пучок двухпоточный, четырехниточный, с двумя петлями, выполнен из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм. Трубы расположены в шахматном порядке.

Все трубы, образующие экранные поверхности котла, сварены непосредственно в коллекторы  $\varnothing 159 \times 6$  мм. Для удаления воздуха из трубной системы при заполнении котла водой на верхних коллекторах установлены воздушники. Вода из трубной системы котла при опорожнении удаляется через дренажные линии.

Котел выполнен бескаркасным. Нижние коллекторы экранов опираются на сварную раму, установленную на фундаменте. Обмуровка котла облегченная, натрубная. На котле предусмотрена установка предохранительного клапана.

Для подачи наполнителя в кипящий слой предусмотрена установка бункера инертного материала и питателя с электроприводом. Инертный материал вводится в топку трубой  $\varnothing 76$  мм.

Для подачи воздуха в котел и удаления из него продуктов сгорания котел оборудован дутьевым вентилятором 30-ЦС и дымососом ДН-9.

На котле за отопительный сезон 2002-2003гг были проведены следующие пуско-наладочные и экспериментальные работы:

- настройка и тарировка топливного питателя шнекового типа с ворошителем в бункере и специальным запорным устройством;
- исследование внешней гидродинамики кипящего слоя в широком диапазоне расхода воздуха;
- снятие гидродинамической характеристики газораспределительной решетки;
- наладка и исследование растопочных режимов из холодного состояния котла и из горячего резерва;

- снятие параметров теплового баланса котла в различных режимах;
- настройка автоматики;
- составлена временная режимная карта.

Представлены гидродинамические характеристики решетки и кипящего слоя.

## ГРАНУЛИРОВАНИЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ПЕРЕД СЖИГАНИЕМ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Лушников В.П. - студент гр. ЭМ-01

Пронь Г.П. – доцент

В настоящее время, около 80% электроэнергии вырабатывается на ТЭС при этом основным является твердое топливо (уголь). Известно, что в настоящее время идет сокращение использования мазута и газа на ТЭС, путем замещения их на твердое топливо. Однако известна тенденция, роста зольности добываемых углей, что затрудняет их использование в ряде отраслей промышленности. Эта тенденция имеет объективный и закономерный характер и связана с общим уменьшением запасов угля и возрастающей потребностью в нем. В качественных, малозольных углях ощущается все возрастающий дефицит, а энергетические высокозольные угли марок Т, АРШ, АШ и шламы не находят сбыта. Поэтому в настоящее время актуальной проблемой является внедрение в энергетику техники, по сжиганию топлив в низкотемпературном кипящем слое, позволяющей применять в качестве топлива низкосортные угли и одновременно эффективно снижать выбросы вредных веществ.

Наряду с многими достоинствами, методу сжигания топлива в кипящем слое, свойственны следующие недостатки:

- неравномерность времени пребывания в псевдооживленном слое частиц твердой фазы и оживляющего агента;
- возможное изменение свойств твердых частиц (истирание, растрескивание, науглероживание, спекание);
- необходимость установки мощных пылеулавливающих аппаратов на выходе газов из котла, особенно при широком гранулометрическом составе;
- эрозия аппаратуры в пределах слоя, особенно значительный в случае использования частиц с высокими абразивными свойствами;
- ограниченность рабочих скоростей оживляющего агента (воздуха) пределами соответствующими началу псевдооживлению частиц и их уносу из слоя;

Применение специальной подготовки топлива, как гранулирование позволяет избежать многих недостатков присущих кипящему слою.

Гранулирование - это совокупность физических и физико-химических процессов, обеспечивающих формирование частиц определенного спектра размеров, формы, необходимой структуры и физических свойств. Гранулирование проводят с целью улучшения качества как промежуточных так и готовых продуктов. Совместно с грануляцией топлива, непосредственно предназначенного для сжигания в слое, возможно гранулировать унос (по данным эксплуатации топок с кипящим слоем, содержащий от 4% до 25% горючих) и возвращать его в слой для полного догорания углерода.

Настоящая работа посвящена изучению гранулирования топлива и уносов, для получения гранул с необходимыми свойствами, обеспечивающими эффективное выгорание в слое.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПОЧНЫХ УСТРОЙСТВ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ

Гришин Е.Н. - студент гр. ЭМ-01  
Пронь Г.П. – доцент

Одним из перспективных направлений развития энергомашиностроения является разработка новых технологий сжигания твердого топлива в топках с кипящим слоем, проектирование и оптимизация конструкций таких топков, а также оптимизация режимов их работы. Однако в настоящее время теоретическая база для решения этих проблем явно слаба. При проектировании и реконструкции котлов с топками с кипящим слоем инженерам - конструкторам приходится принимать ответственные решения при отсутствии достаточно развитой теории кипящего слоя, при отсутствии апробированной методики расчета топков с кипящим слоем и практической невозможности физического моделирования процессов в топке. Возможности проведения натуральных экспериментов также обычно весьма ограничены. По этим причинам топки с кипящим слоем относятся к тем объектам, для которых математическое и численное моделирование оказывается важнейшим и, зачастую, единственным средством для обоснованного выбора технического решения.

С целью развития теоретической базы для проектирования и оптимизации топочных устройств с кипящим слоем перед лабораторией физических процессов в котельных установках при кафедре котло - и реакторостроения АлтГТУ была поставлена задача разработки комплексной математической модели низкотемпературного кипящего слоя. Эта модель должна удовлетворить следующим требованиям:

- в математической модели должны учитываться особенности подачи оживающего агента, циркуляционные течения, пузыреобразования, сепарация в унос, межфазный и внутрифазный тепло - и массообмен, теплообмен между кипящим слоем и поверхностями нагрева, а также образование экологически вредных веществ;
- математическая модель должна обеспечивать выявление конструктивных, технологических и физических параметров, оказывающих определяющее влияние на процесс горения топлива в кипящем слое и позволяющих эффективно управлять этим процессом;
- модель может содержать некоторое количество эмпирических констант, однако значение этих констант должны определяться с помощью доступных физических и натуральных экспериментов;
- модель должна быть надежна, по возможности проста и ориентирована на выполнение инженерных расчетов.

Возможные области применения математической модели:

- проектирование топочных устройств с кипящим слоем и разработка оптимальной технологии сжигания конкретных топлив в этих устройствах;
- использование в системах управления и регулирования технологическими процессами в топочных устройствах с кипящим слоем.

Кратко рассмотрим важнейшие из проблем, с которыми приходится сталкиваться при разработке подобных математических моделей.

В литературе, посвященной теории и моделированию процессов в псевдооживленном слое, излагаются главным образом результаты экспериментальных исследований, а также различные технологические аспекты применения псевдооживленного слоя для реализации тепло- и массообменных процессов. Подавляющее большинство встречающихся в монографиях теоретических задач решается на полуэмпирическом уровне. Такой подход к исследованию псевдооживленного слоя дал возможность получить ряд практических полезных формул для расчета важных с инженерной точки зрения характеристик этой физической системы - скорости начала псевдооживления, гидравлического сопротивления псевдооживленного слоя, расширение слоя и т.п. Эти эмпирические и полуэмпирические результаты позволили на первых этапах удовлетворить потребности инженеров в методах приближенного расчета аппаратов с псевдооживленным слоем и, несомненно, продолжают играть полезную роль. Но в на-

стоящее время этого уровня понимания процессов в кипящем слое уже недостаточно и для обеспечения нужд проектирования разнообразных по назначению топок с кипящим слоем стало необходимым дальнейшее продвижение в области теории кипящего слоя и методов математического и численного моделирования разнообразных физико-химических процессов в кипящем слое.

Казалось бы, что для математического моделирования процессов переноса в кипящем слое не должно быть особых препятствий: поскольку кипящий слой вместе с надслоевым пространством представляет собой двухфазную среду газ - твердые частицы (частицы золы и топлива), но топку с кипящим слоем нужно рассматривать как единую систему с распределенными параметрами, состояние которой описывается полями порозности, плотностей, скоростей и других локальных характеристик состояния фаз (их температур и т.п.). Математическая модель топки с кипящим слоем тогда может строиться, например, как система феноменологических уравнений переноса для каждого из этих независимых полей, которые замыкаются соответствующими полуэмпирическими или чисто эмпирическими соотношениями, определяющими плотности "микроскопических" потоков для различных полей (типа плотности диффузионного, теплового потока или потока импульса), а также краевыми и начальными условиями.

Уравнения переноса, входящие в математическую модель, отражают фундаментальные законы сохранения массы, импульса, момента импульса, энергии и второе начало термодинамики для каждой из фаз или двухфазной среды в целом, а выражения для плотностей потоков выбираются в соответствии с законами механики и неравновесной термодинамики с учетом специфики описываемых процессов. Краевые условия для этих уравнений ставятся на границах двухфазной среды - на поверхностях труб, погруженных в кипящий слой или омываемых газозоловым потоком в надслоевом пространстве, на различных ограждающих поверхностях и т.п. Уравнения переноса модели должны быть независимы друг от друга, а образуемая ими система должна быть корректна в том смысле, что вместе с выражениями для плотностей "микроскопических" потоков, краевыми и начальными условиями она должна однозначно определять все интересующие поля, причем получаемые решения должны быть устойчивы. Выполнение требования корректности, однако, обычно очень трудно проверить теоретически и корректность модели, как правило, проверяется лишь практикой численного моделирования.

Математические модели, подобные описанным выше, принято называть микромоделями (микроскопическими моделями) по той причине, что в этих моделях рассматривается внутренняя, "микроскопическая" структура объекта моделирования. Соответственно под микроскопическим или структурным подходом в математическом моделировании понимается метод построения модели, который основывается на явном рассмотрении внутренней структуры объекта моделирования, а микромоделированием называют разработку микромодели объекта. Математические модели объектов, в которых их внутренняя структура явно не рассматривается, называют микромоделями. Под макроскопическим подходом имеют в виду метод построения макромодели объекта без явного рассмотрения его внутренней структуры, а макромоделированием принято называть разработку макромодели объекта. Макромодели всегда менее полны, чем микромодели. Несмотря на естественность описанного выше подхода микромоделирование всей топки с кипящим слоем в целом не применяется. Дело в том, что двухфазные течение в кипящем слое и в надслоевом пространстве различаются настолько сильно, что их удобнее описывать в рамках различных математических моделей.

Малость объемной концентрации твердого вещества в надслоевом пространстве при описании движения фаз позволяет пренебречь механическим взаимодействием частиц твердой фазы и использовать математические модели типа модели пневмотранспорта или более сложные математические модели, учитывающие сепарацию частиц золы, турбулентность течения в надслоевом пространстве и т.п. Здесь важно подчеркнуть, что хотя двухфазное течение в надслоевом пространстве кипящего слоя и турбулентно, но ввиду малости объемной концентрации твердого вещества эта турбулентность близка к той классической турбулентности, с которой имеют дело в гидро- и газодинамике и поэтому общие подходы к математиче-

скому моделированию этого течения достаточно очевидны. Определенную сложность здесь представляет лишь сравнительно малоизученные вопросы о сепарации частиц, транспортирующей способности потока и влияния турбулентности на транспортирующую способность потока. Кроме того, возникает проблема учета подавления турбулентности частицами, выносимыми из кипящего слоя в надслоевое пространство, однако эффект подавления турбулентности частицами в какой-то мере уже научились учитывать в различных математических моделях турбулентных течений.

Для математического моделирования псевдооживленного слоя обычно используются иные микромодели, в которых явно учитываются механические взаимодействия и не сжимаемость частиц. Однако надо иметь в виду, что ламинарные течения в псевдооживленных слоях обычно наблюдаются только в случаях, когда оживляющим агентом является жидкость с плотностью, близкой по порядку величины к плотности твердых частиц. Течения же в кипящих слоях, оживляемых газом, обычно являются турбулентными, что объясняется, видимо, гидродинамической неустойчивостью ламинарных течений в таких слоях. Специфическая турбулентность, которая наблюдается в кипящих слоях, проявляется, в частности, в наличии в слое газовых пузырей и пакетов частиц, в проскоках газа через слой, в выбросах частиц в надслоевое пространство и т.п.

Несмотря на очевидный успех применения микромоделей турбулентности подобные модели в настоящее время можно широко использовать лишь для моделирования локальных течений в кипящем слое. Попытки их применения ко всей области, занятой кипящим слоем, были бы вполне аналогичны попыткам расчета естественной турбулентной конвекции в слое кипящей ньютоновской жидкости, занимающей ту же область, при интенсивном подогреве этого слоя снизу. Очевидно, что при множественном образовании пузырей численное решение такой задачи невозможно из-за нехватки машинных ресурсов. Кроме этих основных проблем при моделировании топок с кипящим слоем необходимо разработать и ряд других моделей.

Для решения поставленной задачи предполагается использовать следующие методы.

Для совместного моделирования физически различных процессов, происходящих в разных областях топки, представляется единственно возможным использовать блочно-иерархический подход. В рамках такого подхода математическая модель кипящего слоя строится в виде иерархической структуры, состоящей из отдельных блоков - согласованных по своим входам и выходам математических моделей, которые описывают функционирование отдельных частей топки с кипящим слоем. Полная модель топки komponуется из отдельных блоков, набор которых диктуется конкретным содержанием поставленной задачи.

Представляется, что основные блоки модели целесообразно привязать к тем трехмерным областям и ограничивающим их поверхностям, в которых или на которых свойства двухфазной среды газ - твердые частицы описываются с помощью одинаковых уравнений. Исходя из этих соображений можно выделить следующие объекты, расположенные внутри топки или образующие ее границу, к которым должны быть привязаны основные блоки комплексной модели топки:

- кипящий слой;
- сепарационное пространство (зона динамических выбросов);
- зона установившегося пневмотранспорта в надслоевом пространстве;
- газораспределительная решетка;
- погруженные в кипящий слой поверхности нагрева;
- условная граница раздела между кипящим слоем и сепарационным пространством;
- омываемые дымовыми газами поверхности нагрева в надслоевом пространстве;
- остальные поверхности, ограничивающие кипящий слой и надслоевое пространство.

При разработке математических моделей, реализующих отдельные блоки комплексной модели, предполагается пробелы теории, насколько это удастся, преодолевать полуэмпирическими или чисто эмпирическими методами, используя физическое моделирование на крупномасштабных моделях топок кипящего слоя (в том числе, на огневых экспериментальных

установках) и натурные эксперименты. В тех же случаях, когда и это окажется невозможным, разработку модели следует проводить на основе обобщения накопленного опыта проектирования и эксплуатации котлов с топками с кипящим слоем.

Некоторые из блоков комплексной модели фактически уже реализованы.

Так, проблема математического моделирования газораспределительного устройства в целом уже решена. Для расчета отдельной газовой струи, истекающей из колпачка газораспределительной решетки в кипящий слой, уже в настоящее время в зависимости от целей моделирования можно ограничиться макро моделированием и использовать простейшие полуэмпирические расчетные.

В значительной мере решена проблема микро моделирования слабозапыленных двухфазных потоков в зоне пневмотранспорта надслоевого пространства и в газовых трактах котельных агрегатов

Проводились работы по математическому моделированию процесса растопки кипящего слоя.

## СЛУЧАЙНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДЫМОСОСА ОТ НОМИНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Белоконь Л.Н., Р.А. Пахомов, А.С. Трофимов  
Кубанский государственный технологический университет

Надежность работы теплоэнергетических установок (ТЭУ) имеет очень важное технологическое и экономическое значение, так как речь идет о безаварийности эксплуатации и ресурсосбережении, что в современном состоянии экономики страны является чрезвычайно актуальной проблемой. Наиболее дорогостоящим оборудованием ТЭУ являются котлоагрегаты и именно в них идут теплогидравлические процессы при высоких давлениях, температурах и тепловых потоках, устойчивость которых предопределяет надежную эксплуатацию ТЭУ. Результаты наших исследований могут быть использованы при проектировании котлоагрегата, в качестве дополнения к нормативному методу [1], по которому ведется тепловой расчет котла.

В работе [4] расчет случайных отклонений параметров котлоагрегата проводился по среднеквадратичной методике без учета законов распределения, вероятности реализации и т.д. В данном исследовании применяется вероятностная методика расчета отклонений параметров котлоагрегата.

Отклонения исходных данных влияют на выходные параметры котлоагрегата. Расчет отклонений функций  $f$  от их номинальных значений можно проводить по дисперсионной методике, изложенной в [2,3], по формуле:

$$\frac{\Delta f}{f} = K_{\Sigma} \sqrt{\left( \sum_{i=1}^n \left( K_i \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i \right)^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \rho_{ij} \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} \frac{\Delta x_i \Delta x_j}{f^2} \right)}, \quad (1)$$

где  $K_i = \sigma_i / \sigma_n$ ,  $K_{\Sigma} = \sigma_{\Sigma} / \sigma_n$  - коэффициенты рассеивания;  $\sigma_i$ ,  $\sigma_{\Sigma}$ ,  $\sigma_n$  - средние квадратичные отклонения;  $\rho_{ij}$  - коэффициенты корреляции между случайными величинами.

Рассмотрим расчет отклонений по объему уходящих газов.

Действительный суммарный объем продуктов сгорания рассчитывается по формуле, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>:

$$V_z^i = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + (\alpha_i - 1) \cdot V^0 + V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha_i - 1) \cdot V^0, \quad (2)$$

где  $V^0$  - теоретический объем воздуха, необходимого для полного сгорания (м<sup>3</sup> воздуха/м<sup>3</sup> газа

$V_{N_2}^0$  - теоретический объем азота в продуктах сгорания, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>:

$V_{RO_2}$  - объем трехатомных газов, рассчитывается, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>:

$V_{H_2O}^0$  - теоретический объем водяных паров, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>:

Согласно (1) необходимо продифференцировать формулу (2) по каждому параметру. Результаты расчета для котла БКЗ-75-39 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет отклонений запаса по производительности дымососа.

№	Параметр	$\Delta x_i/x_i$	$\Delta x_i$	$x_i$	K	$a_i$ (частная производная)	$(a_i \cdot k \cdot \Delta x_i)^2$
1	CH <sub>4</sub>	0,075	6,3375	84,5	1	0,0108	0,0047
2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,057	0,0855	1,5	1	0,0217	3,4547•10 <sup>-6</sup>
3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,054	0,0432	0,8	1	0,0326	1,9844•10 <sup>-6</sup>
4	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,054	0,0216	0,4	1	0,0435	8,8197•10 <sup>-7</sup>
5	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0519	0,00519	0,1	1	0,0543	7,9560•10 <sup>-8</sup>
6	V <sub>RO2</sub>	0,0689		0,92			
7	CH <sub>4</sub>	0,075	6,3375	84,5	1	0,0103	0,0042
8	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,057	0,0855	1,5	1	0,0154	1,7398•10 <sup>-6</sup>
9	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,054	0,0432	0,8	1	0,0206	7,8962•10 <sup>-7</sup>
10	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,054	0,0216	0,4	1	0,0257	3,0845•10 <sup>-7</sup>
11	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0519	0,0052	0,1	1	0,0308	2,5643•10 <sup>-8</sup>
12	d	0,025	0,25	10	1,75	0,0006	7,7828•10 <sup>-8</sup>
13	V <sub>0</sub>	0,0698	0,6036	8,6465	1	0,0082	2,4976•10 <sup>-5</sup>
14	V <sub>H2O</sub>	0,0654		1,9446			
15	V <sub>0</sub>	0,0698	0,6036	8,6465	1	0,114347473	0,00476
16	N <sub>2</sub>	0,065	0,507	7,8	1	0,001447436	5,3855•10 <sup>-7</sup>
17	V <sub>N2</sub>	0,0692	0,4782	6,9088	1	0,10231879	0,0024
18	V <sub>0</sub>	0,0698	0,6036	8,6465	1	0,021832886	0,00017
19	α	0,055	0,0643	1,21	1,75	0,898947241	0,01025
20	V <sub>RO2</sub>	0,0689	0,0634	0,92	1	0,10231879	4,2105•10 <sup>-5</sup>
21	V <sub>H2O</sub>	0,0654	0,1272	1,9446	1	0,10231879	0,000169
22	V <sub>г</sub>	0,1141		9,7734			

В результате расчета получили, что отклонение объема продуктов сгорания составит 11,4%, что соответствует вероятности реализации P=99,85%. Однако такое значение не является обоснованным, поскольку оценки были приближённые и они не подкреплены соответствующими теоретическими и экспериментальными исследованиями. Значение реальной вероятности реализации отклонений можно получить на основании имеющегося опыта проектирования и эксплуатации КА. В ходе проектирования выбор дымососа осуществляется с запасом по производительности, равным 5% для котлов производительностью свыше 20 Гкал/ч, и 10% для котлов, производительностью до 20 Гкал/ч. Такое отклонение по кривой Гаусса (нормальное распределение) соответствует вероятности реализации P=90,5%.

В работе [3] рекомендуется при проектировании котлоагрегата предусматривать запас на случайные отклонения параметров при вероятности реализации P=96,55 %, но в этой работе расчеты велись с использованием приближенного метода экспертных оценок без обоснования выбранных отклонений исходных параметров и законов их распределения, коэффициентов рассеивания  $K_i$ . Если провести наш расчет с использованием значений, предложенных в работе [3], то рекомендуемая вероятность реализации составит P=97%, но такое решение не обоснованно.

Наши исследования показали, что на стадии проектирования котлоагрегата вполне приемлемо предусматривать запас на случайные отклонения параметров при вероятности реализации P=90,5%.

Литература.

1. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. Под редакцией Н.В. Кузнецова и др. - М.: Энергия, 1973
2. Белоконов Л.Н., Стельцова Л.А., Трофимов А.С. Отклонения параметров котлоагрегата // Известия высших учебных заведений. Северокавказский регион. Технические науки. – 2004. – N 2. – с. 79-80

3. Трофимов А.С., Белоконь Л.Н., Крупник Р.Ю. Отклонения тепловых и аэродинамических параметров котлоагрегата от номинальных значений.// Методы повышения технического уровня и надежности элементов энергооборудования ТЭС и АЭС Научн. тр. ОАО «НПО «ЦКТИ». С.-Пб. 2004. С.197 (статья трех авторов)
4. Башук О.Ю., Пахомов Р.А., Трофимов А.С. Вероятность реализации параметров котлоагрегатов. Новочеркасск. Материалы межрегиональной конференции. Молодые ученые России-теплоэнергетике, 2001г, с.182-184.

**ПОДСЕКЦИЯ «ГИДРАВЛИКА, ГИДРОЭНЕРГЕТИКА,  
ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ»**

**РАСЧЕТ КРЕПЛЕНИЯ НИЖНЕГО БЬЕФА В ВИДЕ ПЕРЕМЕННОГО ПО ШИРИНЕ  
НАКЛОННОГО ВОДОБОЯ ЗА ВОДОСБРОСНОЙ ПЛОТИНОЙ**

Суханицкий В.В. – студент гр. ВиВ-01

Блинов А.А. – студент гр. ТМ-02

Иванова П.В. – аспирант

Бычков Д.С. – аспирант

Родивилина Т.Ю. – к.т.н., доцент

Иванов В.М. – к.т.н., доцент

Использование для гашения энергии потока в нижнем бьефе за водосбросными сооружениями водобоя с обратным уклоном может быть перспективным по сравнению с другими типами гасителей, так как в этом случае реактивное воздействие на поток распределено по всей поверхности водобоя.

Расчетная схема представлена на рис.1. Считаем, что поток после траншейного водосброса и быстрого тока достигает начала наклонного водобоя полностью растекшийся на ширину быков водобоя. Для решения поставленной задачи запишем уравнение изменения количества движения в проекциях на горизонтальную плоскость для отсека жидкости находящегося между сечениями 1-1 и 2-2. Сечение 1-1 совпадает с началом водобоя, а сечение 2-2 расположено в конце. Будем считать, что скорости  $u_1$  в сечении 1-1 и  $u_2$  в сечении 2-2 распределены равномерно. Обозначим глубину потока в первом сечении  $h_1$ , во втором –  $h_2$ . Разность отметок между началом и концом водобоя обозначим  $d$ .

Примем корректив количества движения  $\alpha_1 = 1,0$ , а в сечении 2-2  $\alpha_2 = \alpha_2^b \cdot \alpha_2^r = 1,56 \cdot 1,56 = 2,43$ . Для учета расширения наклонного водобоя введем коэффициент относительного расширения  $\beta_2 = V_2/V_1$ . Это приведет к тому, что в сравнении с условиями плоской задачи во втором сечении скорость уменьшится в  $\beta_2$  раз, результирующая гидростатического давления в сечении 2-2 на отсек жидкости между сечениями 1-1 и 2-2 возрастет в  $\beta_2$  раз, а также появится реакция дополнительного участка расширяющейся части водобоя и реакция ограничивающая его сопрягающего устоя. С учетом вышеизложенного и в соответствии с введенными обозначениями, а также схемой на рисунке 1, запишем уравнение количества движения.

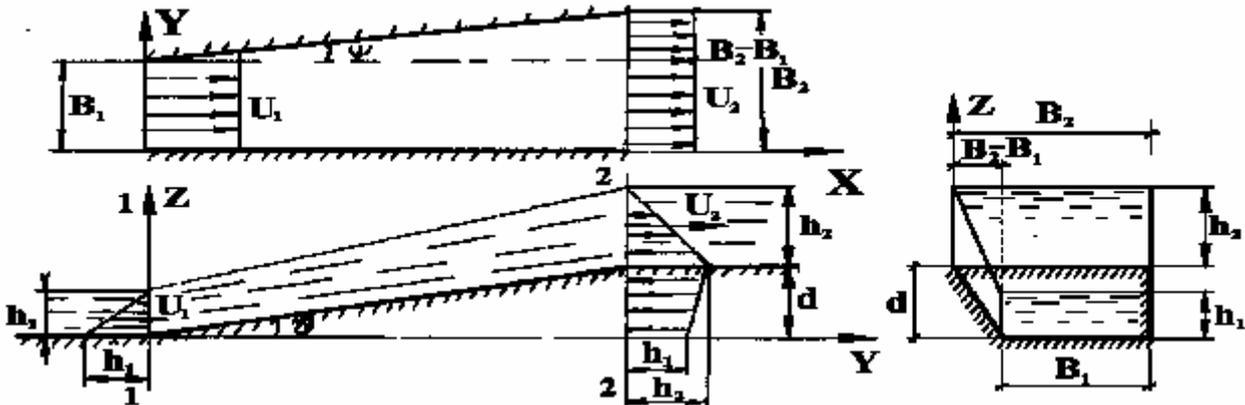


Рисунок 1. Расчетная схема переменного по ширине наклонного водобоя.

$$\frac{v_1^2 h_1}{g} + \frac{h_1^2}{2} = \frac{\alpha_2 \cdot h_2 \cdot v_2^2}{g \cdot \beta_2} + \beta_2 \cdot \frac{h_2^2}{2} + d \cdot \left( \frac{h_2 + h_1}{2} \right) + d \cdot \left( \frac{h_2 + h_1}{2} \right) \cdot \left( \frac{\beta_2 - 1}{2} \right) - \left( \frac{h_2^2 + h_1^2}{2} \right) \cdot \left( \frac{\beta_2 - 1}{2} \right);$$

Затем проведя преобразования и сгруппировав члены уравнения относительно неизвестного  $h_2$ , получим кубическое уравнение в каноническом виде:

$$\eta_2^3 + \eta_2^2 \cdot \frac{2\eta_d \cdot (1 + \beta_2)}{3\beta_2 + 1} + \eta_2 \cdot \frac{-8Fr_1 - 3 + 2\eta_d(1 + \beta_2) - \beta_2}{3\beta_2 + 1} + \frac{8\alpha_2 \cdot Fr_1}{\beta_2^4(3\beta_2 + 1)} = 0;$$

Полученное уравнение относительно неизвестного  $\eta_2$  можно решать как кубическое известными способами. Тем самым мы можем найти вторую сопряженную глубину и сравнить с имеющейся по кривой связи глубиной нижнего бьефа и определить достаточность затопления гидравлического прыжка.

Для решения канонического уравнения введем обозначения:

$$r = \frac{2\eta_d \cdot (1 + \beta_2)}{3\beta_2 + 1}; S = \frac{-8Fr_1 - 3 + 2\eta_d(1 + \beta_2) - \beta_2}{3\beta_2 + 1};$$

$$t = \frac{8\alpha_2 \cdot Fr_1}{\beta_2^4(3\beta_2 + 1)};$$

т.е. получим каноническое уравнение  $\eta_2^3 + \eta_2^2 r + \eta_2 S + t = 0$ .

Делая в каноническом уравнении замену неизвестного  $\eta_2 = y - r/3$ , получим так называемое приведенное уравнение  $y^3 + py + q = 0$ , где

$$p = (3S - r^2)/3 = -19,874; q = 2 \cdot r^3/27 - r \cdot S/3 + t = 31,08.$$

Число действительных решений кубического уравнения зависит от знака дискриминанта, в нашем случае  $D < 0$ , т.е. уравнение имеет три действительных решения. Дискриминант высчитывается по формуле  $D = \left(\frac{p}{3}\right)^3 - \left(\frac{q}{2}\right)^2$ .

Положим  $\rho = \sqrt{\frac{-p^3}{27}}$ ,  $\cos\varphi = -\frac{q}{2 \cdot \rho}$ ; Тогда решениями приведенного уравнения

$$y^3 + py + q = 0 \text{ будут: } y_1 = 2 \cdot \sqrt[3]{\rho} \cdot \cos\left(\frac{\varphi}{3}\right); y_2 = 2 \cdot \sqrt[3]{\rho} \cdot \cos\left(\frac{\varphi}{3} + \frac{2\pi}{3}\right);$$

$$y_3 = 2 \cdot \sqrt[3]{\rho} \cdot \cos\left(\frac{\varphi}{3} + \frac{4\pi}{3}\right); \text{ от которых заменой } \eta_2 = y - r/3 \text{ снова можно перейти к решениям}$$

заданного кубического уравнения. После определения  $\eta_2$ , можно узнать глубину  $h_2$ , при учете всех трех корней кубического уравнения:

$$(h_2)_1 = (\eta_2)_1 \cdot h_1 = 2,865 \cdot 6,2 = 17,75 \text{ м}; (h_2)_2 = (\eta_2)_2 \cdot h_1 = -5,4068 \cdot 6,2 = -33,522 \text{ м}; \\ (h_2)_3 = (\eta_2)_3 \cdot h_1 = 1,609 \cdot 6,2 = 9,977 \text{ м}$$

Затем выбирается оптимальная величина из трех полученных значений  $h_2$ , при учете различных ограничений на значения  $h_2$ . Сравнение значений  $h_2$ , показало, что наиболее оптимальной величиной является глубина  $(h_2)_1 = 17,75$  м, которая соответствует спокойному режиму течения за креплением.

Полученные нами результаты показали, что минимальная относительная вторая сопряженная глубина получена 2,8, при числе Фруда равном 11,09, относительном расширении 1,2 и при относительной высоте наклонного водобоя 0,97, потому что в этом случае вторая относительная сопряженная глубина минимальна и обеспечивает наименьшую толщину бетонного крепления наклонного водобоя.

При сравнении полученных результатов с данными других авторов М.З. Абрамова, Ф.Г. Гунько, Г.К. Илчева, С.А. Кузьмина, Д.И. Кумина, И.И. Леви, М.А. Михалева, И.А. Снигерева, М.Д. Чертоусова показывают удовлетворительное совпадение в пределах точности вычислений.

## СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (ГИС) Г. БАРНАУЛА

Фёдоров Д.С. – студент гр. ВиВ-01

Блинов А.А. – студент гр. ТМ-02

Бычков Д.С. – аспирант

Иванова П.В. – аспирант

Родивилина Т.Ю. – к.т.н., доцент

Иванов В.М. – к.т.н., доцент

В связи с трудным экономическим положением в течении предыдущих 10 лет в России проблема обеспечения населения питьевой водой резко обострилась. За этот период не было капитальных вложений в строительство и перекладку крупных сетей водопровода, что привело к существенному износу трубопроводов. Общая протяженность магистральных водоводов в г. Барнауле- 81 км, протяженность разводящих сетей- 524,5 км. В настоящее время из общей протяженности водопроводных сетей 68 % составляют трубопроводы из чугуна, немногим менее 30 % – стальные трубы. Низкий срок службы стальных труб (15 лет), при их значительном объеме, обуславливает существенный процент износа сетей в целом. Ввиду того, что более 80 % сетей введено в эксплуатацию до 1984 года, в последние годы прирост объемов трубопроводов амортизированных – на 100% существенно увеличился и составляет 15-20 км в год.

Высокий износ сетей, низкое качество работ при строительстве, обуславливают высокий потенциал аварийности. Из-за значительной протяженности водопроводных сетей и существенных перепадов высотных отметок от 140 м до 242 м, т.е. более 100 м создаются существенные трудности в обеспечении стабильных нормативных напоров на сетях водопровода. Создание высоких напоров на насосных станциях вызывает рост аварийности на сетях, а кроме того, недопустимо в городских условиях. В целях снижения сверхнормативного давления напорно-разводящая сеть по условиям высотного расположения по рельефу местности и удаленности от головных сооружений водоподачи разбита на 5 зон и одну подзону, в зависимости от групп подающих насосов и необходимости обеспечения требуемых напоров.

Одним из способов решения многих проблем, связанных с водоснабжением и водоотведением г. Барнаула является использование геоинформационных систем. Был выработан перспективный план практического внедрения ГИС в МУП «Барнаульский Водоканал». В качестве ГИС была выбрана программа «Zulu» Санкт-Петербургской компании «Политерм». Для ознакомления с возможностями данной программы был выполнен пилотный проект пос. Южный, одного из пригородов г. Барнаула. В дальнейшем намечается создание ГИС водопроводных сетей г. Барнаула на основе топографической основы масштаба 1:5000, с доведением в будущем до точности «пятисотки». Создание будет происходить поэтапно, охватывая по одной из 6 зон водоснабжения г. Барнаула. Первоочередной задачей на сегодняшний момент являются: 1) Проведение паспортизации водопроводных сетей с целью выяснения реального состояния трубопроводов; 2) Проведение гидравлических расчетов с целью оптимизации работы сетей, проблемных участков, выявлению неучтенных расходов, что можно также выполнить при помощи ГИС «Zulu».

В ходе выполнения работ по созданию ГИС «Zulu 5.2» сформировалось следующее мнение о программе: Не совсем так, как хотелось бы, решены задачи ввода семантических данных, но это касается только интерфейса. Что же касается самой семантической информации, и ее связи с базой данных, то здесь никаких нареканий при создании ГИС Южный замечено не было. Единственное о чем хотелось бы предупредить возможных пользователей – система, когда выполняешь запрос «Change to ...» не выдает сообщения о том, что данное поле базы данных будет переписано для всех объектов. Об этом уже было сообщено разработчикам «Zulu», и они обещали исправить это в ближайшем обновлении программы.

Производство работ ГИС Южный необходимо продолжить. После ввода данных по численности населения и расходам и уточнение диаметров труб и реального расположения задвижек, следует провести реальные манометрических замеры на территории пос. Южный.

Целью является выявление расхождений по участкам сети с расчетными, и выяснение причин этих расхождений.

Создание ГИС водоснабжения всего города Барнаула должно на тех же принципах, что и ГИС пос. Южный и будет состоять из тех же этапов. В качестве электронной топоосновы для создания ГИС всего города рекомендуется на начальном этапе использовать адресные съемки масштаба 1:5000.

После создания ГИС водопроводных сетей г. Барнаула необходимо обеспечить механизм их постоянного обновления, чтобы введенная информация не устаревала.

## МИКРОГЭС НА БАЗЕ ГИДРОТУРБИНЫ С РАБОЧИМ КОЛЕСОМ ОТ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Фёдоров Д.С. – студент гр. ВиВ-01

Блинов А.А. – студент гр. ТМ-02

Иванова П.В. – аспирант

Бычков Д.С. – аспирант

Клейн Г.О. – аспирант

Юренков В.Н. – к.т.н., доцент

Родивилина Т.Ю. – к.т.н., доцент

Иванов В.М. – к.т.н., доцент

Лопастные насосы представляют собой наиболее распространенный класс машин, используемых практически во всех отраслях народного хозяйства. Отрасль насосостроения нашей страны выпускает насосы более 3000 типоразмеров, отличающиеся принципом действия, конструктивным исполнением и назначением. Преобладающее распространение получили лопастные насосы, относящиеся к классу динамических.

Насосы, в которых преобразование энергии основано на силовом взаимодействии лопастной системы и перекачиваемой жидкости, называются лопастными. В зависимости от характера силового взаимодействия и направления потока лопастные насосы разделяют на центробежные и осевые. В центробежных насосах поток жидкости имеет в области лопастного колеса радиальное направление и перемещается главным образом в поле действия центробежных сил. В осевых насосах поток жидкости параллелен оси вращения и перемещается в поле действия гидродинамических сил, возникающих при взаимодействии потока и лопаток колеса. Как центробежный, так и осевой насосы состоят из корпуса и вращающегося в нем лопастного колеса.

Область применения лопастных насосов обширна: для бытового промышленного водоснабжения, в циркуляционных, питательных, сетевых и других установках электростанций, в мелиорации, теплофикации, в водоотливах.

Вода забирается (засасывается) насосом из нижнего бассейна (НБ) и по напорному трубопроводу подается в верхний бассейн (ВБ). При этом подводимая к насосу механическая энергия двигателя преобразуется в энергию жидкости, что и заставляет ее двигаться вверх по трубопроводу.

Гидравлические турбины предназначаются для установки на гидроэлектрических станциях, где они служат для привода электрических генераторов. Вода из верхнего бьефа (ВБ) по напорному водоводу подводится к турбине и из нее выпускается в нижний бьеф (НБ). В турбине энергия воды преобразуется в механическую энергию вращения вала, от которого приводится во вращение ротор электрогенератора (гидрогенератора), преобразующий механическую энергию в электрическую. Электрическая энергия по линиям электропередачи передается в районы потребления, иногда на очень дальние расстояния – до 1000 км и более.

Обратимые гидромашин, или насосотурбины, появились сравнительно недавно, но получают все большее развитие в связи с интенсивным строительством гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС), предназначенных для выравнивания графика нагрузки энергосис-

тем. В ночные часы, когда в энергосистеме имеется избыток мощности, агрегаты ГАЭС работают в насосном режиме и аккумулируют энергию, перекачивая воду из нижнего бассейна в верхний, а в часы максимума нагрузки – пика они включаются в турбинный режим

К наиболее распространённым лопастным гидродвигателям относятся радиально-осевые и осевые гидротурбины. Радиально-осевая гидротурбина принципиально не отличается по конструкции от центробежного насоса. Направление движения жидкости в ней и направление вращения колеса противоположны движению в центробежном насосе. Радиально-осевая турбина и центробежный насос являются обратимыми машинами и могут работать как в турбинном, так и в насосном режимах.

При повышении эффективности работы промышленности необходимо решить вопрос об энергосбережении. Необходимо внедрять полезную утилизацию бытовых и производственных отходов, в частности использование технических отработанных и сточных вод в качестве источника электроэнергии.

Как показывается практика, самым доступным и достаточно дешёвым способом получения электроэнергии в таких случаях является создание микроГАЭС. Для них в качестве турбин могут быть использованы рабочие колёса от лопастных центробежных и осевых насосов. При этом спиральная камера и корпус изготавливаются заново с возможностью размещения в них направляющего аппарата.

Напор при работе в турбинном режиме обратной гидромашины всегда меньше, чем в насосном, так как в первом случае потери в водоводах вычитаются из статического напора, а во втором случае они добавляются к нему. Следовательно, расчетные напоры обоих режимов будут разные.

Определим, каковы будут соотношения напоров для турбинного и насосного режимов. Для этого запишем уравнение Эйлера для турбинного режима:

$$H_T \eta_T = \frac{1}{g} (u_1 v_1 \cdot \cos \alpha_1 - u_2 v_2 \cdot \cos \alpha_2); \text{ для насосного режима: } H_H = \frac{\eta_H}{g} (u_1 v_1 \cdot \cos \alpha_1 - u_2 v_2 \cdot \cos \alpha_2).$$

Здесь  $\eta_T$  и  $\eta_H$  — гидравлические КПД турбинного и насосного режимов. Для принятых условий выражения в скобках равны. С учетом этого находим отношение  $H_H/H_T = \eta_H/\eta_T$ .

Оно показывает, что при изменении и направления вращения и направления течения жестколопастная гидромашинка обладает свойством обратимости, но напор, развиваемый в насосном режиме, меньше, чем в турбинном (если в среднем принять КПД около 90 %, то  $H_H/H_T = 0,8$ ). Задача выбора рабочего колеса центробежного насоса значительно упрощается если гидромашинка работает только в турбинном режиме. Тогда подбор рабочего колеса от центробежного насоса может вестись только на гидростатический напор, уменьшенный на величину потерь в водоводах.

## ПЕРЕДОВЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОКОВ В ГУП «ВОДОКАНАЛ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА» И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА КОС-1 И КОС-2 Г. БАРНАУЛА

Хорошева Т.В., Антипова Е.Н., Сусликова А.В., Васильева Е.Е. – студенты гр. ВиВ-01  
Иванова П.В. – аспирант

Северная станция аэрации (ССА) расположена западнее поселка Ольгино. В настоящее время на сооружения поступает около 650 тыс. м<sup>3</sup>/сут бытовых, производственных и поверхностных сточных вод (СВ), что составляет около 50% бассейна канализования станции правобережной части города.

Система канализации комбинированная. Комплекс сооружений полной биологической очистки запускался в эксплуатацию в 3-й этап и обеспечил первоочередную проектную мощность 1250 тыс. м<sup>3</sup>/сут в 1995 году. Эффективность работы станции достаточно высока.

Сооружения позволяют получить очищенную воду с содержанием взвешенных веществ и БПК<sub>20</sub> менее 15 мг/л, а концентрация тяжелых металлов снижается на 40-95%.

На очистку СВ подаются главной насосной станцией (сооруженное способом опускного колодца), далее поступают в приемный резервуар станции, проходят через 4 механизированные решетки, на которых задерживаются крупные включения. В насосной станции смонтированы 11 насосных агрегатов, выполненных по специальному заказу заводом «Уралгидромаш», и обеспечивающие подъем СВ в приемную камеру на высоту 70 м, запроектированную с учетом возможности разделения потока СВ между двумя блоками сооружений.

Очистка СВ последовательно производится на 8-и механизированных и на 2-х ступенчатых решетках, на 20-ти горизонтальных аэрируемых песколовках, в 8-ми радиальных первичных отстойниках, в 10-ти секциях трехкоридорных аэротенков, в 12-ти радиальных вторичных отстойниках.

Отбросы с решеток объемом около 2 м<sup>3</sup>/сут дезинфицируются хлорной известью и вывозятся на полигон твердых бытовых отходов. Осадки из песколовков гидроэлеваторами подаются на песковые площадки, где подсушиваются, а затем используются для вертикальной планировки территории станции. Плавающие вещества, собираемые с поверхности первичных отстойников, из жиросборников откачиваются илососом и вывозятся на полигон для складирования осадков или подаются на обработку совместно с сырым осадком первичных отстойников. Песколовки за счет своей длины способны задерживать песок крупностью менее 0,2 мм, что впервые было реализовано в отечественной практике и положительно сказалось на техническом состоянии оборудования по центрифугированию осадка и его транспортировке.

СВ по трубопроводам через распределительные камеры подаются на первичные радиальные отстойники. Осветленная вода через сборные камеры первичных отстойников поступает в верхние каналы трехкоридорных аэротенков для биологической очистки и затем распределяется по секциям. В настоящее время 4 секции аэротенков оснащены среднепузырчатой системой аэрации и 6 секций – мелкопузырчатой: 5 секций с аэраторами, смонтированными ЗАО «Креал», 1 – с аэраторами финской фирмы «Нопон» (технология глубокого удаления биогенных элементов биологическим способом). Подача воздуха в аэротенки осуществляется насосно-воздуходувной станцией.

Из нижнего канала аэротенков иловая смесь поступает во вторичные отстойники. После 2-х часов отстаивания очищенная СВ по каналам поступает в камеру выпусков, а оттуда по 6-ти трубопроводам направляется в Невскую губу на расстоянии 1,5 км от берега. Часть СВ, превышающая пропускную способность очистных сооружений, направляется в обводной канал и из сборной камеры, после смешивания с очищенной СВ, поступает в Финский залив.

Уплотненный до регламентированной влажности ил перекачивается в резервуар-регулятор, где, смешавшись с осадком из первичных отстойников, подается на механическое обезвоживание в цех обработки осадка. Механическое обезвоживание смеси осадков производится с применением катионного флокулянта «Pegcol+».

В настоящее время ведутся работы по выбору технологий, обеспечивающих уменьшение объемов осадка. На ССА планируется ввести в эксплуатацию комплекс сооружений по обработке осадка, аналогичный комплексу на центральной станции аэрации.

На резервных иловых площадках (объемом около 20 тыс. м<sup>3</sup>) производится компостирование кека с инертными материалами (опилки, песок) в соотношении 1:2 по объему. Компост имеет соответствующий гигиенический сертификат, выданный Центром государственного санитарно-эпидемиологического надзора Санкт-Петербурга, и пользуется устойчивым спросом у организаций, занимающихся зеленым строительством.

Технологический контроль работы ССА осуществляет химико-бактериологическая лаборатория по средствам ежедневного анализа круглосуточно отбираемых проб поступающей и очищенной воды, активного ила и образующихся осадков.

Проведенный анализ передовых методов очистки стоков (в том числе и зарубежных), используемых на ССА в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», показал, что возможно их использования на КОС-1 и КОС-2 г. Барнаула.

## ПЕРЕДОВЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ В ГУП «ВОДОКАНАЛ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА» И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ВОДООЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ (ВОС) Г. БАРНАУЛА

Хорошева Т.В., Антипова Е.Н., Федоров Д.С. – студенты гр. ВиВ-01  
Иванова П.В. – аспирант

Южная водопроводная станция (ЮВС) обеспечивает гостированной питьевой водой почти половину населения и промышленных предприятий Санкт-Петербурга, расположена в Юго-восточной части города на левом берегу реки Невы в 25 км от ее устья. С 1933 года ЮВС прошла 4 очереди реконструкции и капитального строительства.

Вода по водоприемным самотечным трубам поступает в насосное отделение 1-го подъема, где происходит предварительная очистка от грубых механических примесей, затем на очистные сооружения 2-го подъема для реагентной обработки с последующим отстаиванием и фильтрованием. Блок очистки, включает в себя двухступенчатую (фильтроотстойные сооружения (ФОС)) и одноступенчатую (контактные резервуары) схемы очистки воды. Для обеззараживания используются современные химические реагенты. Очищенная вода поступает в накопительные резервуары и по водоводам в городскую водопроводную сеть.

На ЮВС постоянно осуществляются исследования для оптимизации выбора точек ввода реагентов, временного интервала при их дозировании, а также качественного смешения воды с реагентом для стабильной и эффективной работы сооружений и предотвращения образования канцерогенных хлорорганических веществ. В фундаментальных исследованиях, совпавших с периодом максимальной нагрузки на блок отстаивания, внимание уделялось изучению гидравлического режима впускного устройства и равномерности распределения потока воды на секции отстойника (впуск и выпуск воды, очертания смоченной части отстойника, заполненной движущейся жидкостью), определяющим степень равномерности течения воды в поперечных сечениях отстойной зоны.

Исследования работы отстойников Ленинградского водопровода значительно расширили представления о влиянии гидравлических факторов, граничных условий геометрии и отдельных элементов отстойника на процесс отстаивания и его моделирование, позволили улучшить конструкцию. Были задействованы авторитетные ученые в области гидравлики, моделирования и технологии очистки воды профессор А.А. Сурин, В.Т. Турчинович, М.А. Великанов, А.П. Зегжда, академик Э.Г. Френкель и др.

На ЮВС усовершенствованные горизонтальные отстойники входят в состав двух блоков ФОС-1 и ФОС-2, включающих, кроме отстойников с каналами-смесителями и камерами хлопьеобразования коридорного типа, по 16 скорых фильтров. В каждом блоке имеются по 2 секции отстойников, разделенных внутренними перегородками на 5 одинаковых коридоров. Конструктивно отстойники обоих блоков отличаются незначительно и имеют практически одинаковые внешние (габаритные) размеры. Отстойники блока ФОС-1 оборудованы встроенной камерой хлопьеобразования коридорного (перегородчатого) типа с вертикально установленными перегородками и переменным горизонтальным направлением течения жидкости в коридорах. В блоке ФОС-2 аналогичная камера хлопьеобразования коридорного типа смонтирована непосредственно в подводящем канале-смесителе. Проектная производительность каждого блока – 170 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

К важным факторам, влияющим на работу отстойников городского водопровода, относится температурный режим. Влияние его неоднозначно: с одной стороны – изменение гидравлического режима отстойника, связанного с изменением струйности потока и фактического времени отстаивания, с другой стороны – изменения эффективности физико-химических

процессов коагуляции и флокуляции, приводящее к изменению дисперсного состава и свойств образующихся хлопьев гидроокиси и кинетики их осаждения.

По кривой среднемесячных температур воды реки Невы наблюдений выделяют 4 возможных характерных периода изменения гидравлического режима работы отстойников в течение года. В холодное время года работа отстойников ухудшается. Для обеспечения нормального качества очистки воды в этот период расход не должен превышать 7-8 тыс. м<sup>3</sup>/ч и требуется 100%-ное коагулирование воды (в теплый период года возможна работа при 50%-ном коагулировании воды).

В результате исследований было рекомендовано произвести ряд конструктивных усовершенствований: для интенсификации процесса формирования хлопьев следует в центральном подводящем канале отстойников установить дополнительные смесительные устройства принудительного типа, для повышения эффективности осаждения хлопьев взвеси в отстойниках ФОС-1 – демонтировать встроенную камеру хлопьеобразования коридорного типа. Поскольку мутность воды реки Невы в зимний период мала (0,4-0,8 мг/л), целесообразно искусственное замутнение воды перед отстойниками.

Современные методы очистки воды, используемые на ЮВС в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», оптимальны для применения на ВОС г. Барнаула для улучшения качественного смешения воды с реагентом (значительное повышение эффективности работы отстойников) и предотвращения образования канцерогенных хлорорганических веществ.

## ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛИ ВОДОНАЛИВНОГО КОЛЕСА КОЛЫВАНСКОГО КАМНЕРЕЗНОГО ЗАВОДА

Блинов А.А. – студент гр. ТМ-02

Иванова П.В. – аспирант

Бычков Д.С. – аспирант

Клейн Г.О. – аспирант

Иванов В.М. – к.т.н., доцент

В лаборатории гидротехнических сооружений малых гидроузлов и микроГЭС кафедры ТГиВВ АлтГТУ была создана модель водоналивного колеса в масштабе 1:2 диаметром 3 м и шириной 0,88 м. Оптимизирована форма лопаток, позволяющая получить наполнение около 50% от максимально возможного объема (объема полукольца).

С применением водоудержателя, расположенного в нижней четверти колеса и выполненного в виде радиально изогнутой стенки с зазором 10 мм от колеса, удалось увеличить наполнение до 60%. Увеличивая наполнение колеса, мы можем, при одной и той же снимаемой мощности, уменьшить его размеры. По историческим данным наполнение водоналивного колеса Колыванского камнерезного завода было около 40%.

Вода подавалась на модель колеса насосной станцией, включающей пять насосов К160/30, по трубопроводу диаметром 300 мм с задвижками ДУ300. Максимальный расход воды 200 л/с. Это позволило создать систему автоматического регулирования водяным колесом мощностью 4 кВт. Вместо первоначально рассчитанного стального вала Ø120 мм использовали стальную ось Ø60 мм, что было достигнуто за счет передачи вращающего момента от колеса к редуктору через звездочку цепной передачи, закрепленную на спицах.

Для передачи крутящего момента от колеса к редуктору был проведен экспериментальный сравнительный анализ ременной и цепной передач. Установлено, что использовать ременную передачу для низкооборотного колеса не целесообразно.

Передаточное отношение цепной передачи к редуктору Ц2У-250-50 составляет 1:1,5. Передаточное отношение повышающего редуктора 1:50. К нему подключен асинхронный двигатель с частотой вращения 1500 об/мин и мощностью 5,5 кВт.

При расходе 200 л/с частота вращения модели водоналивного колеса 18-20 об/мин (окружная скорость на внешнем ободе колеса составляет около 3м/с). При этом максимальная

вырабатываемая мощность системы 3 кВт и общий КПД 60% (КПД гидротурбины, например, 90%).

Общий КПД водоналивного колеса определялся как отношение электрической мощности  $N_{эл}$ , фиксируемой ваттметром в блоке управления электрической нагрузки, к гидравлической мощности  $N_{гидр}$ . Гидравлическая мощность определялась по формуле:

$$N_{гидр} = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q,$$

где  $\rho$  – плотность воды;  $g$  – ускорение свободного падения;  $H$  – высота от излива воды до уровня воды в отводящем канале, приблизительно равное диаметру колеса;  $Q$  – расход воды.

КПД привода составляет 80%, КПД генератора – 80%. Общий КПД было увеличено с 40% до 60% за счет водоудержателя, который задерживал воду в карманах колеса.

На основе данных, полученных при лабораторном исследовании модели водоналивного колеса в масштабе 1:2  $\varnothing 3$ м, разработан проект водоналивного колеса в натуральную величину шириной 0,9м и диаметром  $\varnothing 6$  м. При этом был использован накопленный опыт конструирования лопаток, что позволило достичь наполнения колеса аналогично модели. Применение водоудержателя так же позволило увеличить наполнение до 60%. Натурное колесо было спроектировано с деревянными лопатками на металлическом каркасе.

Из водохранилища вода подается по трубопроводу из бетона 1,5×1,5 м через тело плотины в уравнительный бассейн, далее поступает на колесо по металлической трубе  $\varnothing 0,8$  м с переходом на прямоугольную 0,7×0,7 м.

Расчетный расход воды 1000 л/с, при этом частота вращения колеса 10 об/мин, а окружная скорость, так же как и на модельном колесе, около 3 м/с.

Вместо деревянного вала  $\varnothing 500$  мм использована стальная ось  $\varnothing 100$  мм.

Внутри здания на подводящем трубопроводе предусмотрена задвижка  $\varnothing 500$  мм с электроприводом для регулирования расхода воды, подаваемой на колесо.

Для передачи крутящего момента от колеса к редуктору Ц2-350-31,5 применена цепная передача с передаточным отношением 1:2,5. Передаточное отношение повышающего редуктора 1:31,5.

К редуктору подключен генератор, в качестве которого использован асинхронный двигатель с частотой вращения 750 об/мин и мощностью 16 кВт. При этом максимальная вырабатываемая водоналивным колесом электрическая мощность 12 кВт с общим КПД 60% при среднегодовом расходе около 500 л/с. В летне-осенний период расход снижается до 150 л/с.

На основании выше изложенного можно сделать следующие выводы:

- применение водоналивных колес эффективно только в случае прямого использования гидроэнергии низкооборотными потребителями без применения редуктора и преобразования ее в электрическую энергию.

- применение водоналивных колес, для выработки электроэнергии, возможно только в случае наличия избыточного неиспользуемого источника энергии от потока воды.

## УЧЕТ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЖИЛОМ ФОНДЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МУП « БАРНАУЛЬСКИЙ ВОДОКАНАЛ »

Антипова Е.Н. – студент гр. ВиВ-01

Иванова П.В. – аспирант

Родивилина Т.Ю. – к.т.н., доцент

Иванов В.М. – к.т.н., доцент

Первой программой, которую реализовал ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» при модернизации системы учета воды, стала программа по установке водосчетчиков в жилом фонде города. Ее удалось выполнить менее чем за три года. Практически на всех водопроводных вводах в жилые дома города появились современные приборы учета воды.

Тем самым была создана техническая база для внесения абонентами оплаты за фактически потребленную воду. Но, как показали контрольные измерения, потребление воды в жилом фонде города после установки водосчетчиков на водопроводных вводах в жилые дома практически не изменилось и составило от 220 до 600 л на человека. Для сравнения, в странах Европы потребление воды на душу населения в сутки составляет: Норвегия – 175 л, Финляндия – 151 л, Франция – 159 л, Италия – 220 л, Испания – 126 л, Швеция – 194 л, Германия – 146 л, Англия – 136 л, Бельгия – 108 л.

Анализируя эти цифры, не стоит думать, что жители этих стран реже пользуются водой при решении бытовых проблем. Вес дело в культуре потребления воды, которая базируется преимущественно на системе учета воды. Напомним, что установка водосчетчиков на входе в жилые дома незначительно влияет на экономию воды. Для снижения водопотребления счетчики воды необходимо ставить непосредственно в квартирах. Важно понять, что сам водосчетчик воду не экономит, его главное назначение – стимулировать потребителя к более рациональному пользованию водой. По распоряжению губернатора Санкт-Петербурга квартирные водосчетчики устанавливаются во вновь построенном жилом фонде строительными организациями, в существующем жилье владельцами квартир за свой счет. Вскоре после внедрения квартирных счетчиков воды обнаружилось, что оплата за воду по квартирам сократилась в среднем на 40%.

Сдерживающим фактором массового внедрения квартирных счетчиков воды является то, что жители Санкт-Петербурга еще не осознали возможности экономии собственных средств за счет сокращения потребления воды. Поэтому ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» продолжает проводить большую работу с населением по водосбережению. Пример тому – выпуск листовки, подготовленной Центром измерения расхода воды для демонстрации потерь воды в жилом фонде города при различных неисправностях водопроводной арматуры. Т.о. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», работая над развитием системы учета воды в Санкт-Петербурге, добился определенных результатов в деле сокращения водопотребления, ликвидировав, в частности, существовавший в 1995 г. дефицит воды 500 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Следующим этапом должно стать оснащение квартир водосчетчиками, что в конечном итоге снизит водопотребление в Санкт-Петербурге до уровня европейских норм.

Проведенный анализ передовых методов учета водопотребления (в том числе и зарубежных), используемых в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», показал, что возможно их использования и в МУП «Барнаульский Водоканал». Но необходимо произвести установку водосчетчиков в квартирах всех граждан, за их счет, но с учетом того, что с них не будет взиматься плата за воду в период окупаемости водосчетчика, а малоимущим потребителям – за счет средств МУП «Барнаульский Водоканал» и администрации г. Барнаула. И вместе с внедрением водосчетчиков проектировать их установку строящихся домах. Ориентировочная стоимость программы внедрения водосчетчиков в г. Барнауле составит около 500 млн. руб, со сроком окупаемости 9 лет, при учете повышения стоимости оплаты водопотребления от 20 руб. до 100 руб. с каждого водопотребителя.

## ОПЫТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ельченинова Е.А. – аспирант  
Николаев А.М. – к.т.н., доцент

Разработана и практически опробована для экспериментального определения коэффициентов аэродинамического сопротивления синтепона толщиной 15...60 мм при проектировании и изготовлении аэродинамического тракта сушильной установки для его производства.

Всасывающая линия на входе содержит высокоточный мерный коллектор, к которому подключен U-образный манометр. Для измерения малых скоростей потока воздуха перед мерным коллектором на минимальном от него расстоянии установлен манометр. Далее в ли-

нии устанавливается опытный образец между штуцерами подключения дифференциального U-образного манометра. Для регулирования скорости потока на расстоянии 850 мм от образца имеется дроссельная заслонка.

В зависимости от скорости потока воздуха обработка опытных данных проводилась по своему.

В режиме больших скоростей ( $v > 8 \text{ м/с}$ ) полная энергия потока определяется известным

$$\text{выражением: } \frac{p_n}{\rho g} = \frac{p_{cm}}{\rho g} + \frac{v^2}{2g}, \frac{\text{Дж}}{H} \quad (1)$$

Мерный коллектор выполнен так, что полное давление  $p_n$  на его стенках стремится к барометрическому  $p_{атм}$  и, зная, что статическое давление  $p_{cm} = p_{атм} + \rho \cdot g \cdot h_{колл}$ , скорость пото-

$$\text{ка определяется: } v = \sqrt{\frac{2}{\rho_{возд}} \cdot \rho_{вод} \cdot g \cdot h_{колл}}, \frac{M}{c} \quad (2)$$

где  $\rho_{возд.}$ ,  $\rho_{вод.}$  – соответственно плотность воздуха и воды,  $\text{кг/м}^3$ ;

$h_{колл}$  – показания U-образного манометра 2,  $\text{мм.вод.ст.}$

Из известной формулы потерь давления  $p_{обр.}$  На участке с опытным образцом, коэффициент сопротивления материала будет равен  $\xi = \frac{2 \cdot \Delta p_{обр}}{\rho_{возд} \cdot v^2}$  (3)

где  $\Delta p_{обр.}$  – показания дифференциального манометра 3,  $\text{Па}$ .

При малых скоростях ( $v < 8 \text{ м/с}$ ) полное давление в сечении 8 без опытного образца ( $p_{но}$ ) и с ним ( $p_{nc}$ ) соответственно имеют вид

$$p_{no} = p_{cm0} + \frac{\rho \cdot v_0^2}{2}, \text{ Па} \quad (4)$$

$$p_{nc} = p_{cmc} + \frac{\rho \cdot v_c^2}{2}, \text{ Па} \quad (5)$$

Разность динамических давлений из (4) и (5) будет соответствовать потерям давления при сопротивлении образца потоку

$$\Delta p_{обр} = (p_{no} - p_{cm0}) - (p_{nc} - p_{cmc}) = \frac{\rho \cdot v_0^2}{2} + \frac{\rho \cdot v_c^2}{2}, \text{ Па} \quad (6)$$

С другой стороны

$$\Delta p_{обр} = \xi \frac{\rho \cdot v_c^2}{2}. \quad (7)$$

Приравняв (6) и (7) после некоторых преобразований коэффициент сопротивления примет вид

$$\xi = \left( v_0 / v_c^2 \right)^2 - 1. \quad (8)$$

Значения малых скоростей определяли с помощью анемометра.

Получена зависимость коэффициента сопротивления синтепона ( $\xi$ ) от его толщины, числа Рейнольдса ( $Re$ ) и от скорости потока воздуха.

Большой диапазон толщин – 15...60 мм, скоростей до 16 м/с и чисел  $Re=0 \div 70000$  позволяют использовать полученные результаты для любых сушильных установок по производству синтепона. Кроме этого разработанную опытную установку можно рекомендовать для определения коэффициентов сопротивления любых пористых, волокнистых и других нетканых материалов.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОТОКА ВОЗДУХА НА ПОВОРОТНУЮ ЗАСЛОНКУ САМОРЕГУЛЯТОРА СКОРОСТИ ПОТОКА

Агафонов И.А. – студент гр. ВиВ-11

Лысенко А.С. – доцент

Иванов В.М. – к.т.н., доцент

Определение силы, действующей со стороны потока на заслонку, при разных расходах воздуха, но при одной постоянной скорости на выходе из саморегулятора осуществлялось на специально подготовленной модели. Модель состояла из корпуса, заслонки, закрепленной шарниром, винта, перемещающего заслонку, завихрителя и аэродинамических весов, выполненных в виде блока, через который перекинута нить.

К последней можно приложить силу заданной величины к свободному концу заслонки, определяемую весом гири в чашке. Скорость потока фиксировалась с помощью трубки Пито – Прандтля по разности между величиной полного и статистического давления, определяемой по перепаду уровней в дифференциальном манометре. Если его поддерживать постоянным, то скорость потока на выходе из саморегулятора также будет постоянной. Эксперимент по определению силы, действующей со стороны потока на заслонку, проводился следующим образом. В начале заслонка открывалась полностью и по перепаду давления на дифференциальном манометре устанавливалась заданная скорость, которая в последующем сохранялась постоянной при всех положениях заслонки на выходе из саморегулятора. Положение заслонки на каждом шаге устанавливалось на определенный угол с помощью винта, затем регулированием расхода устанавливалась принятая постоянная скорость на выходе из саморегулятора с помощью трубки Пито – Прандтля. После этого винт отпускался, заслонка удерживалась в прежнем положении повернутой на выставленный ранее угол силой натяжения нити, приложенной к концу заслонки. Нить, закрепленная на свободном конце заслонки, была пропущена через отверстие в боковой стенке корпуса и перекинута через блок. К свободному концу нити привязана чашка весов, которая нагружалась гирьками уравнивающими силовое воздействие потока на заслонку. Произведение веса гирек на плечо (на длину заслонки) являлось моментом силового воздействия потока воздуха на заслонку. Исследовалась зависимость силы, действующей со стороны потока на заслонку от степени ее открытия.

Установлено, что с ростом степени открытия заслонки сила, действующая со стороны потока на нее, быстро убывает. Полученные данные в дальнейшем будут использованы при расчете задающего элемента саморегулятора скорости потока.

## РАЗРАБОТКА САМОРЕГУЛЯТОРА СКОРОСТИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА

Чупина О.В. – студент гр. ВиВ-11

Иванов В.М. – к.т.н., доцент

Лысенко А.С. – доцент

Во всех отраслях промышленности, где используется воздух сжатый или при атмосферном давлении, возникает проблема его очистки от твердых и жидких частиц. Система очистки должна быть оптимальной: обеспечивать высокую эффективность при минимальных энергозатратах, габаритах, массе и занимаемой площади, простоту в изготовлении и эксплуатации.

Всему вышеперечисленному отвечают аппараты использующие принцип разделения многофазных сред в центробежном поле (циклоны, сепараторы, классификаторы). К сожалению их эффективность зависит от постоянства расхода воздуха, который, как показывают наблюдения в производственных условиях, может меняться в несколько раз не только между сменами, но и в течение одной смены. Поэтому в комплекте с вышеперечисленными аппаратами необходимо использование устройств автоматической стабилизации скорости воздуха на входе в аппараты.

Запорно-регулирующие элементы регуляторов скорости потока на входе в завихрители аппаратов для очистки воздуха могут быть различного типа и выполняться в виде шиберной задвижки, поршня или поворотной заслонки. Для разработки саморегулятора скорости потока была выбрана поворотная заслонка, как наиболее перспективная по следующим причинам: поворотная заслонка обладает относительно малым гидравлическим сопротивлением, т.к. не загромождаёт потока; имеет высокий механический КПД, т.к. при ее перемещении силы трения возникают только на оси вращения; проста в изготовлении и эксплуатации, не металлоёмка; высокоэффективна в работе, т.к. из-за малой своей массы не инерционна и практически может мгновенно реагировать на изменение расходов.

Для установки заслонки саморегулятора скорости потока в положение соответствующее постоянной скорости на выходе из саморегулятора, при переменных расходах на входе в него, необходимо внешнее воздействие на заслонку, создаваемое задающим элементом, которое убывало бы при увеличении ее открытия.

Простым подпружиниванием заслонки этого добиться не удастся, т.к. увеличение усилия, создаваемого пружиной, прямо пропорционально ее деформации, т.е. чем больше открытие заслонки, тем больше усилие сжимаемой пружины на нее.

При анализе различных кинематических схем и конструкций задающего элемента наиболее перспективной оказалась следующая конструкция.

Саморегулятор содержит корпус с заслонкой, закрепленной шарниром и опирающейся на специальный регулируемый упругий элемент, состоящий из ролика, катающегося по заслонке и расположенного на конце рычага, подпружиненного пружиной, угол закрутки которой устанавливается регулятором. Входной патрубок выполнен в виде конфузора. В корпусе саморегулятора имеются встроенные контакты выдачи аварийного сигнала. Поток воздуха, проходя через саморегулятор, поступает в тангенциальный завихритель и далее в сепарационную зону на очистку.

Саморегулятор скорости потока работает следующим образом. Аэрозоль поступает через конфузор в корпус, при этом поток воздуха давит на заслонку, закрепленную шарниром, и отклоняет ее до положения уравниваемого упругим регулирующим элементом, состоящим из пружины, рычага и ролика, который перемещается по поверхности заслонки. При этом кинематика упругого элемента такова, что заслонка стабильно находится в положении, соответствующем заданной скорости потока, а при выходе за необходимый диапазон, она замыкает контакты и выдается аварийный сигнал. Поток воздуха, проходя через саморегулятор, поступает в завихритель и далее в сепарационную зону на очистку. При изменении расхода воздуха изменится скорость потока в саморегуляторе, а, следовательно, и давление с его стороны на заслонку и она займет новое положение, уравниваемое регулируемым упругим элементом, обеспечивая заданную скорость.

Данная разработка защищена авторским свидетельством № 1553956.

## ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ТУРБИНЫ КОНВЕРТИРУЕМОЙ ИЗ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Клейн Г.О. – аспирант  
Юренков В.Н. – к.т.н., доцент

В последнее десятилетие во всём мире и в нашей стране проявляется интерес к малой гидроэнергетике. Уже со второй половины восьмидесятых годов прошлого века в ЦКТИ осуществлялась разработка и комплектная поставка гидроагрегатов для малой гидроэнергетики мощностью от 3,5 кВт для микроГЭС (на низкие напоры) и до 3000 кВт для миниГЭС (на низкие и средние напоры). Несмотря на значительные упрощения конструкции по сравнению с базовыми гидроагрегатами (использование лопастей упрощённой формы, водоприёмных камер прямоугольного сечения вместо классических спиральных, специальных укороченных отсасывающих труб и т.д.) стоимость их остаётся достаточно высокой. Так же из-

вестно, что любая гидромашина является обратимой, т.е. насос может работать в режиме гидротурбины. В связи с тем, что насосы выпускаются в гораздо большем количестве чем гидротурбины, в разных организациях, в том числе и АлтГТУ, прорабатываются варианты гидротурбин на базе серийно выпускаемых центробежных насосов двухстороннего всасывания и на основе консольных центробежных насосов.

Каждая из названных турбин в пространстве «мощность-напор» занимает свою нишу. Работа за пределами своей ниши либо невозможна, либо экономически нецелесообразна. Для центробежных насосов с горизонтальным валом и диаметром колеса 300...1000 мм оптимальные значения напоров 30...60 м при мощности 50...1000 кВт.

Гидравлическую турбину, конвертируемую из центробежного насоса типа «Д» можно условно отнести к радиально-осевым типа «РО», но полного аналога такой турбине в гидротурбостроении не существует. Радиально-осевые турбины известных типов имеют вертикальный вал, т.е. нельзя считать, что насос типа «Д», обращенный в гидротурбину типа «РО», будет иметь полное геометрическое подобие проточной части с прототипом и, следовательно, поиск аналога для такой турбины затруднен. Однако при оценочных расчетах параметров такой турбины можно пользоваться универсальной характеристикой в приведенных координатах  $n'_1, Q'_1$  радиально-осевой турбины с диаметром колеса  $D_1=460$  мм, снятой при напоре  $H=4$  м, пересчитывая параметры по формулам подобия. Гидравлическая турбина будет иметь наибольший КПД при осевом выходе потока из колеса, что соответствует безударному входу потока при работе гидравлической машины в режиме насоса. Но в отличие от насоса состояние потока за колесом оказывает более существенное влияние на работу турбины, т.к. на любом режиме работы турбины, кроме режима с осевым выходом, поток оказывается закрученным. У гидравлических турбин малой мощности, отсасывающая труба существенно влияет на энергетические показатели турбины. У насосов, конвертируемых в гидравлическую турбину, отсасывающая труба вообще может отсутствовать. Функции её может выполнять патрубок постоянного диаметра с поворотом, к тому же расположенный в горизонтальной плоскости. Это вызвано особым функциональным назначением таких турбин (Блинов А.А., Иванова П.В. и др. Установка ультрафиолетового обеззараживания сбросных вод с обеспечением электроэнергией от микроГЭС. – настоящий сборник тезисов), которые могут иметь потери относительной кинетической энергии за рабочим колесом до 20...30% от напора, поэтому выхлопные устройства у них должны выполняться с особой тщательностью. После выбора исходных параметров (напора и расхода) геометрические размеры определяются по обычной методике для расчета центростремительных ступеней. Но эти расчеты носят поверочный характер и используются для лучшего согласования характеристик отдельных составляющих турбины (входной камеры, собственно турбины и выхлопного устройства).

## УСТАНОВКА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СБРОСНЫХ ВОД С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ ОТ МИКРОГЭС

Блинов А.А. – студент гр. ТМ-02

Иванова П.В. – аспирант

Бычков Д.С. – аспирант

Клейн Г.О. – аспирант

Юренков В.Н. – к.т.н., доцент

Родивилина Т.Ю. – к.т.н., доцент

Иванов В.М. – к.т.н., доцент

В настоящее время обеззараживание на КОС-1 водоканала г. Барнаула производится при помощи хлора. При замене данного устаревшего способа на ультрафиолетовое (УФ) обеззараживание предполагается увеличение потребления электроэнергии на собственные нужды.

Канализационные очистные сооружений (КОС-1) и река Обь имеют значительный перепад высот, составляющий около 40-50 метров. Учитывая это, для сокращения затрат связанные с заменой способа обеззараживания и дальнейшей эксплуатацией УФ установок был разработан проект здания микроГЭС совмещенного со станцией УФ обеззараживания.

Сбросной трубопровод диаметром 1200 мм имеет три характерных участка: первый – от контактного резервуара до бровки склона (длина 175 м, перепад высот 3,07 м), второй (самый крутой) – от бровки склона до подножия (длина 142 м, перепад высот 39,36 м), третий – от подножия склона до берега реки Оби (длина 2156 м, перепад высот 1,71 м). Расход сбрасываемой воды принят  $1,11 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Проведён расчет режима движения жидкости в сбросном трубопроводе, целью которого является: 1) определение наполнения трубопровода на всех участках; 2) нахождение кривой свободной поверхности воды; 3) определение места гидравлического прыжка в трубопроводе; 4) потерь напора в заперенной части выпуска.

Выяснено, что трубопровод на всем протяжении работает неполным сечением: наполнение на первом участке составляет  $0,4d$ , на втором –  $0,05d$  и на третьем –  $0,35d$ .

При наличии гидротурбины и запорной арматуры в сбросном трубопроводе возникнет напорный режим, что позволит использовать гидравлическую энергию сбрасываемой воды для выработки гидротурбиной электроэнергии, используемой УФ установками.

В этом проекте определены потери напора в трубопроводе до станции УФ обеззараживания как сумма потерь по длине и на местных сопротивлениях – 1,58 м при перепаде высот в 51,66 м. Коэффициент сопротивления на этом участке трубопровода оказался равным 32,359.

Также были определены потери напора в трубопроводе после станции УФ обеззараживания – 0,57 м при перепаде высот в 1,71 м. Здесь коэффициент сопротивления оказался равен 11,602.

Разработанная и сконструированная на основе теоретического материала гидротурбина, с рабочим колесом от насоса Д4000-95 диаметром 0.825 м, имеет коэффициент гидравлического сопротивления 76. Потери напора в гидротурбине составили – 3,72 м.

Таким образом, просуммировав все коэффициенты сопротивления получили результирующий – 119,961, потери напора при этом составили 5,88 м.

Установка микроГЭС на сбросных водах КОС-1 г. Барнаула позволяет значительно сократить расходы на электроэнергию используемую станцией УФ обеззараживания, с внедрением в строй которой, можно отказаться от вредных выбросов хлора в реку Обь.

## МИКРОГЭС НА ОЗЕРЕ БЕЛОМ

Шешуков А.А – студент гр. ВиВ-01

Иванова П.В. – аспирант

Бычков Д.С. – аспирант

Клейн Г.О. – аспирант

Родивилина Т.Ю. – к.т.н., доцент

Иванов В.М. – к.т.н., доцент

В настоящее время, большинство гидроэнергетического потенциала с напорами до 5 м и мощностью до 100 кВт в разных странах, в том числе и в Алтайском крае, из-за слишком дорогой технологии изготовления турбин, не используется. Внедрять простые технические решения позволяет применение водяных колес. Водяные колеса имеют эффективность немного ниже, чем современные турбины, однако с ними вводить в эксплуатацию гидроэнергетические участки с низкими расходами оказывается экономически оправдано.

Водяные колеса не требуют таких обширных работ по внедрению, как турбины, они имеют низкие требования к точности производства и могут быть изготовлены не специализированными компаниями.

Для реализации гидроэнергетического потенциала необходимо обеспечить население предгорных и горных районов Алтайского края и республики Алтай автономными микроГЭС. В АлтГТУ кафедрами теплотехники, гидравлики и водоснабжения, водоотведения (ТГиВВ), естествознания и системного анализа (ЕиСА) разработаны микроГЭС на основе жестколопастных гидротурбин и водоналивных колес мощностью от 4 до 20 кВт. Все они имеют небольшую стоимость, надежны, просты в эксплуатации и имеют небольшой срок окупаемости.

Нижнебойные колеса должны иметь уловители мусора с автоматизированной очисткой и бетонную “пастель” и имеют большие размеры в сравнении с верхненаливными, поэтому верхненаливные колеса считаются экономически более выгодными.

В верхненаливные водяные колеса вода поступает сверху, попадая в карман, ограниченный двумя лопатками и выливается на самом нижнем уровне. Для максимально эффективного использования энергии воды, расстояние между водозаборником и колесом должно быть минимальным. Своей нижней частью колесо не должно касаться поверхности воды, чтобы из-за её сопротивления не замедлялась скорость. Карманы в самом нижнем уровне должны полностью освобождаться от воды к моменту, как снова начнут подниматься, а их геометрические размеры должны обеспечивать оптимальную наполняемость.

Периферийная скорость колеса обычно около 1-3 м/с или немного выше. Скорость вращения колеса, таким образом, колеблется в пределах 7-10 об/мин. Верхненаливные водяные колеса обычно применяются с одним или двумя передаточными механизмами, со скоростями ведущего вала вплоть до 125 об/мин. КПД современных верхненаливных водяных колес превышает 60 %.

Несмотря на давнее применение водяных колес, потенциал их исследования и развития все еще существует. Так, например, в 1802 г на реке Белой, вытекающей из озера Белого, ниже по течению в четырёх километрах, была построена Колыванская камнерезная фабрика, возведена плотина и фабричный пруд.

До настоящего времени сохранились некоторые исторические сооружения: само здание фабрики, земляная плотина высотой 10 м, водосбросные сооружения. Внутри исторического здания фабрики располагалось водоналивное колесо диаметром 6,4 м из дерева, служившим центральным двигателем для шлифовальных и сверлильных станков.

К 200-летию юбилею фабрики в 2002 г., по решению администрации Алтайского края, был восстановлен этот исторический памятник инженерного искусства XVIII в. Работы по реконструкции возглавляло ГУП “Алтайавтодор”. По проекту, разработанному кафедрой ТГиВВ АлтГТУ, были восстановлены водоналивное колесо и гидротехнические сооружения. Проект восстановления здания фабрики был разработан НПО «Наследие». Использование механической энергии водоналивного колеса мощностью 15 кВт для выработки электроэнергии, позволяет частично покрывать энергопотребление фабрики.

На озере Белом в месте вытекания реки Белой сохранилась бетонная плотина и шлюз для создания запаса воды и сезонного регулирования стока. Также сохранилась площадка располагавшейся здесь ранее водяной мельницы. Совместно кафедрой ТГиВВ АлтГТУ и ГУП “Алтайавтодор” было принято решение о реконструкции плотины и возведении на площадке микроГЭС мощностью 4 кВт на базе верхненаливного водяного колеса диаметром 3 м. Вода должна подаваться на колесо из озера Белого по стальному подводящему трубопроводу диаметром 400 мм через тело плотины. На трубопроводе предусмотрена задвижка Ду400 для регулирования расхода воды, подаваемого на колесо.

В лаборатории гидротехнических сооружений малых гидроузлов и микроГЭС кафедры ТГиВВ АлтГТУ была разработана и изготовлена действующая модель микроГЭС в масштабе 1:1 с асинхронным самовозбуждающимся генератором (АСГ). Основным элементом колеса являются 12 лопаток, равномерно расположенных по его окружности. Была оптимизирована форма лопаток для максимального наполнения колеса водой и технологичности в изготовлении. Наполнение колеса составило около 50 % от теоретически возможного объема (объема полукольца). Лопатки задерживают определенный объем воды, зависящий от угла поворота

колеса. В основном под действием силы тяжести воды создается вращающий момент. Для увеличения момента колеса предусмотрен водоудерживающий элемент, расположенный в нижней четверти колеса и выполненный в виде радиально изогнутой стенки с зазором 10 мм от колеса. С водоудержателем процент наполнения колеса водой составляет 67 % от максимально возможного. По историческим данным наполнение водоналивного колеса Колыванской камнерезной фабрики составляло около 40 %.

При испытании на стенде вода подавалась сверху на колесо насосной станцией, состоящей из пяти насосов К160/30, по трубопроводу диаметром 300 мм с задвижками Ду300. При максимальном расходе воды в 200 л/с мощность модели микроГЭС составляла 4 кВт.

Для передачи крутящего момента от колеса к редуктору был проведен теоретический и экспериментальный сравнительный анализ ременной и цепной передач. Установлено, что использовать ременную передачу для низкооборотного колеса не целесообразно.

Колесо вращается на оси диаметром 60 мм. Вращающий момент от колеса передается на тихоходный вал двухступенчатого редуктора Ц2У-250-50-21 с помощью цепной передачи. Ведущая звездочка крепится к спицам колеса, а ведомая – на тихоходный вал двухступенчатого редуктора. Передаточное отношение цепной передачи к редуктору составляет 1:3. Асинхронный двигатель общепромышленного использования с синхронной скоростью вращения 3000 об/мин и мощностью 5,5 кВт с подключенными параллельно к статорным обмоткам конденсаторами возбуждения соединен муфтой с быстроходным валом редуктора и выполняет роль АСГ. Общий КПД энергоустановки составил более 60 %.

Колебания напора воды и мощности нагрузки приводят к изменению выходных параметров АСГ: амплитуды и частоты напряжения. Для их стабилизации кафедрой ЕиСА АлтГТУ при содействии кафедры ТГиВВ была разработана и применена система автоматического управления (САУ), реализуемая на основе автобалластного регулирования электрической нагрузки генератора, обеспечивающая автоматическое возбуждение генератора при сообщении ему вращательного момента от колеса, с защитой от перенапряжения и от короткого замыкания.

Результаты исследований верхненаливных водяных колес, проведенных в АлтГТУ и на Колыванской камнерезной фабрике, подтвердили эффективность их использования для выработки электроэнергии в низконапорных энергоустановках.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОАГУЛЯНТА НА ПРОЦЕССЫ ОЧИСТКИ ОТ АЗОТА И ФОСФОРА СТОЧНЫХ ВОД

Васильева Е.Е. – студент гр. ВиВ-01

Баклач П.В. – студент гр. ВиВ-21

Бахтина И.А. – к.т.н., доцент

Бизяева О.М. – доцент

В связи с ухудшением экологической обстановки все большее внимание уделяется состоянию водоемов и все более ужесточаются требования к концентрации загрязнений, сбрасываемых со сточными водами. Основными загрязняющими веществами, интенсифицирующими процессы эвтрофикации водоемов, являются соединения азота и фосфора. Поэтому по данным соединениям установлены наиболее жесткие нормативы при сбросе сточных вод.

Традиционные методы биохимической очистки сточных вод, используемые в частности на КОС–1 г. Барнаула, не позволяют достичь необходимой степени очистки по указанным выше загрязнениям.

Как известно, для удаления соединений азота и фосфора могут применяться как реагентные, так и безреагентные методы. Каждый из методов имеет определенные достоинства и недостатки. Безреагентные методы характеризуются невысокой степенью очистки, но не требуют дополнительных капитальных затрат. Реагентные методы позволяют достичь наименьшей концентрации указанных загрязнений в очищенных сточных водах, но требуют капиталовло-

жений как в строительство сооружений для хранения и дозирования реагентов, так и постоянных эксплуатационных затрат на их приобретение.

Для исследования был выбран реагентный метод удаления соединений азота и фосфора из сточных вод с использованием коагулянта оксихлорида алюминия, который характеризуется высокой сорбционной способностью.

Исследования проводились на реальной сточной воде КОС – 1 г. Барнаула в летний период (июль, август), т.к. именно в теплый период года наиболее интенсивно протекают процессы эвтрофикации. Нами было изучено влияние дозы коагулянта на эффективность очистки от соединений азота и фосфора. Анализируемыми параметрами являлись: концентрация азота аммонийного ( $NH_3$ ), азота нитритного ( $NO_2^-$ ), азота нитратного ( $NO_3^-$ ) и фосфатов ( $PO_4^{2-}$ ). Для определения наиболее оптимального места ввода коагулянта были исследованы сточные воды, поступающие в первичный отстойник, аэротенк и вторичный отстойник. Экспериментальные работы проводились в статических условиях с использованием лабораторных цилиндров емкостью 500 мл. Время отстаивания было принято с учетом подобия объемам реальных сооружений очистки – 3 часа.

Результаты проведенных исследований приведены на рисунке и позволяют сделать следующие выводы. При добавления коагулянта в сточные воды концентрация соединений азота и фосфора снижается, а оптимальная доза коагулянта для всех видов исследованных сточных вод находится в пределах 2,5 – 3,5 г/м<sup>3</sup>. В среднем эффект очистки по соединениям азота аммонийного ( $NH_3$ ) повышается на 18,5%, по азоту нитритному ( $NO_2^-$ ) – на 32,5%, по азоту нитратному ( $NO_3^-$ ) – на 18%, по фосфатам ( $PO_4^{2-}$ ) – на 36%. Добавление коагулянта перед аэротенком является наиболее оптимальным вариантом, т.к. при этом достигается максимальное повышение эффекта очистки: по соединениям азота аммонийного ( $NH_3$ ) – 22%, по азоту нитритному ( $NO_2^-$ ) – на 34%, по азоту нитратному ( $NO_3^-$ ) – на 25%, по фосфатам ( $PO_4^{2-}$ ) – на 39%.

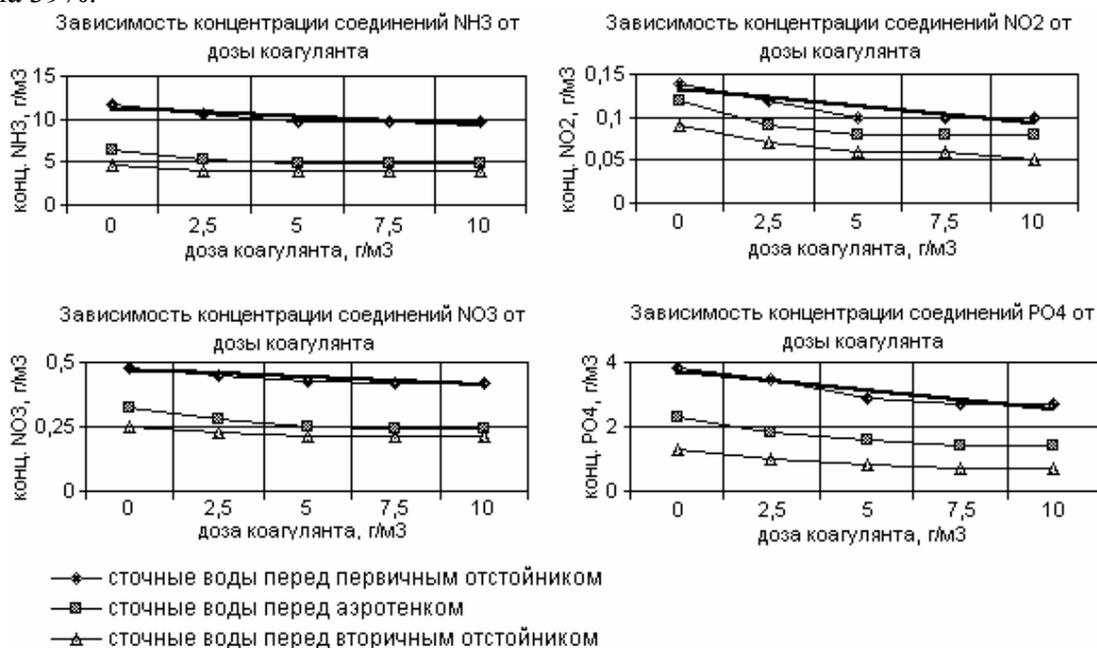


Рисунок – Результаты исследований дозы коагулянта на концентрацию соединений азота и фосфора

Кроме того, при введении коагулянта в одну из зон аэротенка достигаются необходимые условия перемешивания сточной воды с реагентом, таким образом, отпадает необходимость в строительстве специальных смесительных устройств.

Предлагаемое решение – введение коагулянта оксихлорида алюминия в одну из зон аэротенка позволит уменьшить концентрацию соединений азота и фосфора в очищенной воде и получить экономический эффект за счет снижения платы за сброс, что составит 329 тыс. руб/мес. Срок окупаемости необходимых капитальных вложений – 28,4 месяца.

## УСТАНОВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСХОДА ВОЗДУХА В АЭРОТЕНКАХ НА КОС-2 Г. БАРНАУЛА

Сусликова А.В. – студент гр. ВиВ-01

Бахтина И.А. – к.т.н., доцент

Бизяева О.М. – доцент

Очистка сточных вод на КОС – 2 г. Барнаула – традиционная и включает стадию механической очистки, которая происходит на решетках, песколовках и в первичных отстойниках, стадию биохимической очистки, протекающей в аэротенках и вторичных отстойниках, и стадию обеззараживания сточных вод перед выпуском в водоем с помощью жидкого хлора. Для жизнедеятельности микроорганизмов, входящих в состав активного ила, в аэротенки подается воздух. Именно с затратой электроэнергии для работы воздуходувок связаны наибольшие затраты на очистку сточных вод. Поэтому даже незначительное снижение расхода воздуха, поступающего в аэротенки, позволит получить экономию электроэнергии, а следовательно, сократить расходы.

В представленной работе была поставлена задача – минимизация расхода воздуха, поступающего в аэротенки на КОС – 2 г. Барнаула. Для проведения экспериментальных исследований была сконструирована установка, моделирующая работу аэротенка.

Модельная установка представляет собой два цилиндрических аэротенка – смесителя, изготовленных из химически инертного материала.

Высота модели – 2050 мм, диаметр каждого из аэротенков – 150 мм. Модельные аэротенки – смесители работали параллельно. Подача воздуха и смешение ила с водой обеспечивалась пневматическим аэратором, представляющим собой перфорированную трубу, диаметром 15 мм с отверстиями, диаметром 2 мм и расстоянием между отверстиями 20 мм. Подвод воздуха осуществляется из трубопровода, подающего воздух в реальные аэротенки. Давление воздуха контролировалось манометром.

В качестве исследуемой воды использовалась смесь сточных вод и активного ила из зоны наилучшего их смешения в реальных аэротенках. Общее время эксперимента было принято равным 6 ч, такое как и в реальных аэротенках.

На первом этапе для определения расхода воздуха, поступающего в модельный аэротенк, была проведена тарировка крана, с помощью которого регулируется подача воздуха, и получена зависимость «расход воздуха – угол поворота крана».

На втором этапе исследованы процессы биохимической очистки при закрепленном расходе воздуха. Удельный расход воздуха был установлен в соответствии с реальным аэротенком и составил  $3,74 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^3)$ . Основными анализируемыми параметрами являлись: концентрация азота аммонийного, азота нитритного, азота нитратного, фосфатов, количество активного ила, концентрация растворенного кислорода. При указанном расходе воздуха концентрация растворенного кислорода составила  $6,1 \text{ г}/\text{м}^3$ .

Далее был уменьшен удельный расход воздуха до значения  $2,05 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^3)$ , при этом характер зависимости – «концентрации анализируемых компонентов – время очистки» остался практически неизменным, концентрация растворенного кислорода составила –  $5,9 \text{ г}/\text{м}^3$ . Следовательно, удельный расход воздуха  $3,74 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^3)$  – излишен и уменьшение удельного расхода до  $2,05 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^3)$  не влияет на эффективность процесса по анализируемым веществам.

На следующем этапе были проведены исследования при удельных расходах воздуха  $1,76 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^3)$  и  $1,21 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^3)$ . При данных удельных расходах воздуха концентрация растворенного кислорода увеличилась и составила  $7,4 \text{ г}/\text{м}^3$ ,  $7,9 \text{ г}/\text{м}^3$ , соответственно, а концентрация анализируемых компонентов практически не изменялась. Следовательно, процессы биохимической очистки практически не идут и дальнейшее снижение расхода воздуха нецелесообразно.

Таким образом, возможный минимальный удельный расход воздуха, поступающего в аэротенк, составляет  $2,05 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^3)$ , при этом эффективность биохимической очистки остается неизменной.

Ожидаемый экономический эффект за счет экономии электроэнергии составит 328 тыс. руб/мес.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ СИСТЕМ КОТТЕДЖА

Лесникова Е.В. – студент гр. ВиВ-11  
Бахтина И.А. – к.т.н., доцент

В последнее время как в больших, так и в малых городах строятся индивидуальные дома и целые коттеджные поселки. Безусловно, современный уровень комфорта недостижим без наличия систем водоснабжения и водоотведения. При этом наряду с проектированием внутренних систем водоснабжения, водоотведения, отопления, вентиляции встает проблема очистки воды. Если вблизи есть местные централизованные системы водоснабжения и водоотведения, то возможно к ним подключиться, таким образом, проблема очистки воды легко разрешима. Однако наиболее часто коттеджи расположены в местах, удаленных от центральных коммуникаций. В таком случае у владельца загородного дома может быть два варианта: установить с соседями по коттеджному поселку общие очистные сооружения или ограничиться индивидуальными установками. Более дешевым, как правило, является строительство очистных сооружений по первому варианту. К сожалению, оно не всегда осуществимо из-за расхождения в желаниях и финансовых возможностях соседей по поселку. Поэтому часто решить проблемы с очисткой воды возможно лишь при приобретении индивидуальных установок. Выбрать технологическую схему очистки питьевой и сточной воды необходимо еще на стадии разработки проекта коттеджа, т.к. это позволит в дальнейшем сэкономить как время, так и средства.

Наличие в коттедже кроме системы водоснабжения хозяйственной водой, большого разнообразия сантехприборов, бассейнов, водонагревателей и т.д. определяют специфику и многогранность проблемы очистки воды. В качестве источника водоснабжения загородных домов, как правило, используют скважины. Подземные воды в большинстве случаев характеризуются малой мутностью и цветностью, но часто загрязнены соединениями железа и марганца. Так как в коттедже часть воды поступает в систему горячего водоснабжения и отопления, то также необходимо предусмотреть очистку от солей жесткости – умягчение. Таким образом, в большинстве случаев системы очистки индивидуальных домов при водоснабжении должны включать осветительные фильтры (или фильтры предварительной грубой очистки), фильтры для обезжелезивания (одновременно и демангации), фильтры для умягчения и систему обеззараживания. Для бассейнов необходимо предусматривать отдельные системы фильтрации и рециркуляции воды. Нужно отметить, что даже при водоснабжении из централизованной сети, для бассейнов должна предусматриваться отдельная системы очистки воды.

Системы очистки сточных вод в зависимости от применяемой схемы можно условно разделить на два типа: септики с сооружениями подземной фильтрации и компактные установки биологической очистки. Септики действуют по принципу отстойника и очищают воду лишь на 50%, после чего требуется ее доочистка путем фильтрации в грунт. Однако это не всегда возможно, т.к. многие грунты обладают низкими фильтрующими свойствами (глины, суглинки), либо сильно обводнены. Кроме того, сброс слабо очищенных вод быстро засоряет (заиливает) даже грунты, обладающие хорошими фильтрующими свойствами. Более рациональными являются установки с применением биологических методов очистки. Они очищают сточную воду на 90% и выше. При таком уровне очистки допускается ее сброс на рельеф местности, в овраг, придорожную канаву и т.д. За счет высокого уровня очистки засорение фильтрующего подземного слоя в данном случае минимально.

На сегодняшний день на российском рынке представлен широкий спектр оборудования для очистки питьевой и сточной воды как отечественного, так и зарубежного производства. В то же время потенциальный потребитель, сталкиваясь со столь огромным количеством предложений, ощущает себя несколько растерянным. При выборе очистной системы покупателю очень сложно определить все достоинства и недостатки предлагаемого ему продукта. Ввиду сложившейся путаницы в терминологии и специфичности протекающих процессов на рынке появляются очистные системы, характеристика и эффективность которых во многом не соответствует заявленным данным. Поэтому очевидна необходимость наличия специальных зна-

ний в данном вопросе, чтобы суметь оценить ту или иную предлагаемую очистную систему и выбрать наиболее приемлемую.

Выбор систем очистки должен производиться с учетом требований и пожеланий заказчика исходя из результатов химического анализа качества воды в скважине (источнике водоснабжения), условиями размещения (вид грунта и толщина каждого из его слоев) и необходимой производительности сооружений, которая определяется количеством проживающих.

Нами был произведен подбор систем очистки воды для целей водоснабжения (холодного, горячего и отопления) и водоотведения по заказу ООО «Водный мир». Системы были запроектированы для индивидуального жилого дома, расположенного на п. Южном г. Барнаула. Источником водоснабжения является скважина. Химический анализ артезианской воды показал, что в ней содержится большое количество железа ( $7,5 \text{ г/м}^3$ ), повышенное содержание марганца ( $0,3 \text{ г/м}^3$ ) и солей жесткости ( $4,7 \text{ г-экв/м}^3$ ). Грунт состоит в основном из песка и суглинка. Количество постоянно проживающих согласно заказу – 6 человек, производительность очистных сооружений –  $2 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Для очистки артезианской воды нами рекомендован US FILTER (АМТЕК). Это «фильтр – конструктор». Он состоит из стандартных корпусов с различной «начинкой» и собирается в единую систему. Система очистки ставится ступенями, каждая из которых справляется с определенной группой загрязнителей. Блоки устанавливаются в определенной последовательности: первый блок – фильтры механической очистки; второй – фильтры для «обезжелезивания»; третий – фильтры-«умягчители» воды. Далее для очистки от органики, пестицидов, хлора и хлорорганических соединений, удаления неприятного привкуса и запаха устанавливается четвертый блок – сорбционный фильтр, загруженный активированным углем. Дезинфекция воды осуществляется на бактерицидной установке (УФ-облучением). Преимущество предложенной системы состоит в простоте замены сменных элементов (картриджей), а также в том, что при необходимости к ранее смонтированной "батарее" можно в любой момент добавить дополнительные элементы. Стоимость рекомендуемой системы очистки, включая доставку и монтаж, составит 70 тыс. руб.

Для очистки сточных вод предложены универсальные очистные сооружения ORM, предназначенные для переработки всех видов сточных вод. Очистная установка представляет собой компактный цилиндрический резервуар, разделенный перегородками на 4 сектора: в первом секторе происходит успокоение поступающих вод, отстой биомасс и начало насыщения кислородом через аэратор слоя; во втором – насыщение кислородом биоактивного слоя, аэробное биоразложение органики, доосаждение и расслоение биомасс; третий сектор – "аэролифт", транспортирующий осадок в первый сектор, окончательная очистка; в четвертом секторе происходит дезинфекция с помощью таблеток твердого хлора, удаление излишков хлора путем принудительной аэрации и выход чистой технической воды. Параметры прошедшей очистки воды соответствуют принятым санитарным нормам. Стоимость предлагаемой системы очистки, включая доставку и монтаж, составит 85 тыс. руб.

## НАПОР ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА С ВИХРЕВОЙ СТУПЕНЬЮ

Прозорин А.Е. – студент гр. МХ-11  
Юренков В.Н. – к.т.н., доцент

В химическом машиностроении часто используют вихревые насосы. Они компактнее центробежных и развивают больший напор в  $4\div 9$  раз при тех же размерах и частоте вращения. Конструкция их проще и дешевле, недостаток – низкий КПД, не превышающий на рабочем режиме 45%. Сведения по выбору напоров вихревой и центробежной ступеней ограничены. Наиболее известными являются насосы СЦЛ-20-24, СЦЛ-20-24а и СВН-80. Насос СЦЛ-20-24 является насосом закрытого типа с подводом жидкости непосредственно в канал периферийно – бокового типа. Насос СВН-80 является двухступенчатым насосом открытого типа с боковым каналом. Первая ступень играет вспомогательную роль и служит для отсасы-

вания воздуха в период самовсасывания из центральной части колеса основной ступени. Она включена параллельно основной ступени. По названным насосам в каталоге – справочнике приводятся необходимые сведения по конструкции, параметрам и характеристике. Но характеристики являются неполными и не позволяют оценить работу насоса на режимах, отличающихся от расчетных как по частоте вращения, так и по КПД. Ниже приводится схема определения диаметра  $D_2$  центробежной ступени насоса СЦЛ-20-24 на основе опубликованной характеристики вихревого насоса в целом. Детальный гидродинамический расчет центробежной ступени по хорошо известным методикам позволяет уточнить параметры вихревой ступени и некоторые эмпирические коэффициенты, используемые при расчетах насосов подобного типа.

Ниже используются общепринятые в насосостроении обозначения и поэтому они не расшифровываются.

Теоретический напор центробежной ступени насоса определяется по уравнению Эйлера

$$H_{m_{uc}} = \bar{V}_{2u} \cdot \frac{U_2^2}{g},$$

где  $\bar{V}_{2u}$  – хорошо известный коэффициент скольжения.

Для вихревых ступеней насоса теоретический напор определяется по подобной формуле

$$H_{m_{vc}} = \psi \cdot \frac{U_2^2}{2g},$$

но численные значения коэффициента  $\psi$ , приводимые в различных литературных источниках, носят весьма противоречивый характер. Из анализа этих источников лишь ясно, что для вихревых ступеней с периферийным каналом  $\psi \approx 14$ , для каналов закрытого типа, подобно каналу насоса СЦЛ-20-24,  $\psi \approx 9$ . Для всех других типов каналов  $\psi \approx 4 \div 5$ .

Задавшись значениями коэффициентов полезного действия для центробежной ступени  $\eta_{uc} \approx 0,7$  и вихревой ступени  $\eta_{vc} \approx 0,4$  и зная действительный напор насоса

$$H_n = H_m \cdot \eta_n,$$

распределение напоров между ступенями можно определить из следующего равенства

$$H_m \cdot \eta_n = \bar{V}_{2u} \cdot \frac{U_2^2}{g} \cdot \eta_{uc} + \frac{\psi}{2} \cdot \frac{U_2^2}{g} \cdot \eta_{vc}.$$

Из этого же равенства можно определить окружную скорость на ободу колеса

$$U_2 = \sqrt{\frac{H_n \cdot g}{\bar{V}_{2u} \cdot \eta_{uc} + \frac{\psi}{2} \cdot \eta_{vc}}}.$$

По значению этой скорости и стандартной частоте вращения для асинхронного электродвигателя определяется диаметр колеса центробежной ступени

$$D_2 = \frac{60 \cdot U_2}{\pi \cdot n}.$$

Расчеты центробежной ступени вихревого насоса СЦЛ-20-24 с использованием приведенных выше соображений позволили уточнить значение коэффициента  $\psi$  для вихревой ступени насоса. Оно получилось выше, чем рекомендуемое значение  $3,5 \div 4,5$  и оказалось равным  $\psi = 9$ . Лишь при значениях  $\psi$  близких к этому удается получить величину диаметра  $D_2$  центробежной ступени близкой к 180 мм.

## ОЦЕНКА УДЕЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОДНОГО КУБОМЕТРА ВОДЫ РЕКИ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Маслова Е.А. – студент гр. ВиВ-31  
Юренков В.Н. – к.т.н., доцент

Этот материал представлен в связи с тем, что в последнее время появилось много предложений об использовании энергии рек небольшого размера для получения электрической энергии без постройки плотин, которые по мнению авторов этих предложений являются чрезвычайно вредными. Соглашаясь с некоторыми доводами авторов указанных предложений, следует все же сказать, что энергетические возможности рек ими завышены при условии использования только кинетической энергии (скоростного напора) воды реки в так называемых «безплотинных электростанциях». При средней скорости течения воды в реках Алтайского края, оцениваемых в 1,5...2,5 м/с, удельная кинетическая энергия потока  $\frac{v^2}{2 \cdot g}$  составля-

ет примерно 0,2 Дж/Н, а мощность, переносимая потоком через один квадратный метр поперечного сечения русла составит  $N = \rho g Q H = 2000$  Вт. Располагая этой средней цифрой легко определить мощность потока в идеальном случае любой реки по размерам его русла, но без использования плотин. В действительности она будет меньше из-за более низкой скорости течения у дна и берегов, где имеет место пристенный ламинарный режим течения с параболическим законом распределения скоростей.

Эта мощность даже для рек такого размера как р. Бия в районе Бийска не является значительной. Использовать ее в полном объеме невозможно, так как для этого пришлось бы перегородить реку техническими устройствами, предназначенными для преобразования гидравлической энергии воды в электрическую, то есть практически весь водосток пропустить через эти устройства, что технически невозможно. В случае же реализации этого решения, это было бы равносильно постройке плотины с проявлением всех негативных последствий, связанных с возведением плотин на реках. Правда, высота такой плотины будет небольшой (около  $\frac{v^2}{2 \cdot g} = 0,2$  м), но режим течения реки будет все же изменен. Практически можно использо-

вать около 30% энергетического потенциала сечения реки, что составит только примерно 0,6 кВт с одного квадратного метра сечения.

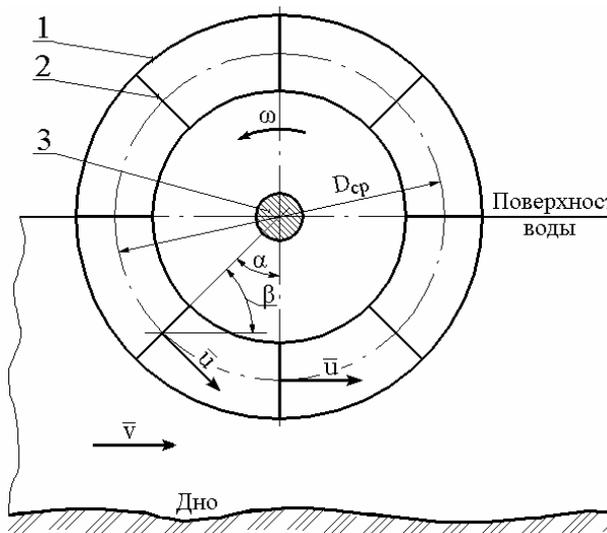


Рисунок 1. Схема водяного колеса:

1 – обод; 2 – лопасть (пластина); 3 – вал.

Мощность потока воды необходимо передать валу электрической машины (генератора), что можно сделать либо при помощи гидравлической турбины, либо при помощи водяного колеса (которое по ошибке тоже иногда называют турбиной, что при современной классификации гидравлических двигателей является неверным). При низконапорных потоках использование гидравлических турбин любого типа совершенно неэффективно (см. Кривченко Г.И. Гидравлические машины. Турбины и насосы. – М.: Энергоатомиздат, 1983). Наиболее подходящим устройством для этих целей является водяное колесо, ось которого должна располагаться выше поверхности воды или в предельном случае совпадать с ней (рисунок 1).

При безплотинном использовании водяных колес форма лопастей колеса требует особого рассмотрения. Будем считать, что эта пластина с известными размерами, размещенная в сво-

бодной струе. Нас будет интересовать усилия на этой плотине, помещенной в поток под произвольным углом  $\beta$  к направлению потока.

Как известно, его можно определить, воспользовавшись теоремой об измерении количества движения переносимого потоком обтекающим пластину в относительном движении. Поток движется со скоростью  $\bar{V}$  (скорость воды в реке), пластина движется с окружной скоростью  $\bar{u}$ . Проекция этой скорости на направление движения воды в реке  $u \cdot \cos \alpha$ . Учитывая это для суммарной силы действия потока на все обтекаемые пластины, находящиеся в воде, можно получить следующее выражение:  $R = \rho \cdot S_{пл} \cdot v^2 \cdot \left(1 - \frac{u}{v}\right)^2$ .

В случае учета потерь энергии, неизбежно возникающих при обтекании пластины, эта формула несколько усложняется:  $R = \rho \cdot S_{пл} \cdot v^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}}\right) \cdot \left(1 - \frac{u}{v}\right)^2$ .

Где  $\zeta$  – коэффициент потерь удельной энергии на пластине, отражающий влияние поворота потока на пластине. Он связан с коэффициентом лобового сопротивления  $c_x$  и достаточно полно отражен в специальной литературе.

Развиваемая струей полезная механическая мощность оценивается по усилию на пластине и окружной скорости  $N=R \cdot u$ , а мощность потока по сказанному ранее  $N_{пот} = \rho \cdot q \cdot Q \cdot \frac{v^2}{2q}$ , следовательно, КПД процесса преобразования кинетической энергии потока в полезную механическую работу на колесе будет равен:

$$\eta = \frac{R \cdot u}{\rho \cdot q \cdot Q \cdot \frac{v^2}{2q}}; \quad \eta = 2 \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}}\right) \cdot \left(1 - \frac{u}{v}\right) \cdot \frac{u}{v}$$

Максимальное значение КПД достигается при  $\frac{u}{v} = \frac{1}{2}$  и равно:  $\eta_{max} = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}}\right)$ .

Считая процесс идеальным ( $\zeta=0$ ) получим для теоретического КПД, характеризующего эффективность преобразования удельной кинетической энергии свободного потока реки в механическую энергию на валу генератора  $\eta_{max}=1$ . Но это значение будет иметь место только при окружной скорости  $u \approx 1$  м/с что соответствует частоте вращения колеса  $n \approx 10$  об/мин. (при диаметре колеса  $D_{ср}=2$  м).

Частота вращения колеса определяется нагрузкой. Допустим, что нагрузка достаточно хорошо удерживается в необходимом диапазоне регулирующими устройствами. Даже в этом случае КПД водяного колеса из-за потерь на трение и вихревых потерь при обтекании лопастей будет невысоким из-за плохих условий работы лопастей второго ряда. Они обтекаются потоком после прохождения первого ряда лопастей, где поток сильно турбулизируется из-за неудобнообтекаемой формы основного рабочего органа колеса – пластины. Прогнозируемый КПД описанного технического устройства будет не более 0,1...0,2.

Проблемы, связанные с подбором соответствующего генератора электрического тока, работающего при низких частотах вращения или создания соответствующего редуктора повышающего частоту вращения выходного вала, здесь не затрагиваются.

## АСПЕКТЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД И ИХ ОСАДКОВ ПРЕПАРАТОМ «ПУРОЛАТ-БИНГСТИ»

Сусликова А.В. – студент гр. ВиВ-01  
Иванова П.В. – аспирант

Санитарно-паразитологические исследования в различных регионах России показали, что в 1 л очищенных сточных вод содержится от 5,4 до 48,1% жизнеспособных яиц гельминтов. Попадая в осадок, яйца паразитов не теряют инвазионные свойства в течение 3-6 лет в зависимости от климатических условий.

Для дегельминтизации осадков сточных вод предложено много методов: химических, механических и термических. Но на практике большинство из них не нашли широкого применения, в виду значительных материальных затрат и большой трудоемкости. Кроме того, многие химические реагенты, используемые в целях дегельминтизации, обладают разной степенью токсичности и могут способствовать уничтожению естественных биоценозов. Ввиду вышесказанного разработки экологически безопасных технологий дегельминтизации сточных вод и их осадков (создание условий для естественной гибели паразитарного начала) являются актуальными.

В настоящее время препарат «ПУРОЛАТ-БИНГСТИ» (экологически безопасный гомогенат на растительной основе) эффективно используется для обеззараживания сточных вод и их осадков на очистных сооружениях канализации (ОСК) г. Кемерово, то нами была поставлена цель – проверить его эффективность на канализационных очистных сооружениях (КОС) ООО «Барнаулский Водоканал».

На первом этапе наших исследований была поставлена цель – определить оптимальную дозу препарата «ПУРОЛАТ-БИНГСТИ» для обеззараживания осадков из первичных отстойников. Опыты проводились по общепринятым в санитарной паразитологии методикам с трехкратной повторностью для достоверности результатов. Была установлена оптимальная доза.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Махотина Т.С. – студент гр. ВиВ-01  
Лысенко А.С. – доцент

Загрязнения сжатого воздуха (вода, компрессорное масло, твердые частицы) снижают надежность и долговечность пневматических систем в 2 – 7 раз, приводят к нарушению технологических процессов, в ряде случаев к ухудшению здоровья рабочих. Выход из строя пневматических устройств по той же причине составляет до 80% общего числа отказов.

Значительно улучшить качество сжатого воздуха позволяет разработанная на кафедре теплотехники, гидравлики и водоснабжения, водоотведения АлтГТУ компактная двухступенчатая установка с высокой эффективностью очистки сжатого воздуха в широком диапазоне его температур, имеющая низкое гидравлическое сопротивление, слабую чувствительность к колебаниям расхода сжатого воздуха при работе потребителей, не высокие первоначальную и эксплуатационную стоимости. Установка, которая может быть размещена в воздухопроводах групповых и индивидуальных потребителей сжатого воздуха, состоит из последовательно включенных по ходу сжатого воздуха компактного теплообменного аппарата и центробежного прямоочного сепаратора (а. с. 1620150). Теплообменный аппарат предназначен для охлаждения сжатого воздуха с целью более глубокой конденсации паров воды и масла. Последний не требуется если температура сжатого воздуха перед сепаратором составляет порядка 20°C. Установки для очистки сжатого воздуха установлены и эксплуатируются на ряде предприятий г. Барнаула.

Достаточно высокая эффективность, простота изготовления и надежность в эксплуатации, малые сроки монтажа, отсутствие необходимости постоянного обслуживания и ремонта, низкие капитальные затраты делают описанную установку доступной и выгодной для всех производств, использующих сжатый воздух.

## ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА ДИАМЕТРОВ ВОДОПРОВОДНЫХ ТРУБ РАБОТАЮЩИХ ПОД ДАВЛЕНИЕМ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Кудрявцева И.С. студент гр. ВиВ-11  
Родивилина Т.Ю. – к.т.н., доцент

Оптимизация системы подачи воды на основе технико-экономических расчетов нашла широкое применение в системах подачи и распределения воды. Метод расчета по приведенным затратам получил наибольшее распространение. В нем учитываются в денежных эквивалентах как затраты на капитальное строительство, так и эксплуатационные затраты в течении заданного периода окупаемости.

Однако сегодня в условиях становления рынка в Российской Федерации решение оптимизационных задач в области систем водопользования требует разработки новых подходов в построении моделей оптимизации отдельных сооружений или их комплексов с учетом процессов прогнозирования цен, инфляции, сроков реализации продукции и ее окупаемости, а также с учетом одновременно большого количества критериев. Несмотря на то, что и в этих условиях основным сравнительным измерителем эффективности того или иного решения являются денежные потоки капитальных, эксплуатационных и финансовых средств, задача оптимизации формулируется на более высоком уровне, так как учитываются возможности активов различных инвесторов и их требования к реализации конкретного проекта. Основная цель доклада технико-экономический расчет и оптимизация систем подачи и распределения воды – нахождение таких диаметров труб водоводов и сетей, при которых подача заданных количеств воды к местам ее отбора потребителями может быть осуществлена с наименьшей затратой средств на строительство и эксплуатацию системы.

## ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ВОДОУЧЁТА Г. БАРНАУЛА

Антипова Е.Н. – студент гр. ВиВ-01  
Бахтина И.А. – к.т.н., доцент

В последнее время всё большее внимание уделяется проблеме установки водосчётчиков. Данная проблема является актуальной как для предприятий ЖКХ и Водоканалов, так и для простых граждан. Как показал анализ систем водоучёта г. Барнаула несанкционированные отборы питьевой воды и сбросы сточной воды, а также отбор воды свыше норм некоторыми потребителями, с одной стороны, приводят к нарушению водного баланса г. Барнаула и дефициту питьевой воды, с другой стороны, обуславливают дополнительные затраты на очистку питьевой и сточной воды. В тоже время простая семья расходует, как правило, в 1,5 – 3,5 раза меньше воды, чем установленные нормативы. Поэтому установка водосчётчиков приведёт к серьёзной экономии, не только воды в городских сетях, но и денег в карманах граждан.

Большинство представленных на отечественном рынке водосчётчиков по конструктивному исполнению можно разделить на следующие основные группы: электромагнитные (индукционные), ультразвуковые, вихревые (вихреакустические), волюмометрические, тахометрические (крыльчатые, турбинные, сухоходные, мокроходные).

Более дешёвыми и надёжными для бытового использования являются крыльчатые и турбинные водосчётчики. Движение воды в этих счётчиках приводит во вращение вертушку (турбинку), размещенную в корпусе.

Угловая скорость вращения вертушки пропорциональна скорости движения воды. Передаточный и счётный механизмы передают и суммируют обороты вертушки (турбинки), и на циферблатах фиксируется количество жидкости, прошедшей через счётчик.

В принципе, для потребителей – жильцов городских квартир какой именно счётчик – крыльчатый или турбинный будет установлен, одинаково. Главное, чтобы правильно велся учёт использованной воды. Для специалистов, которые их устанавливают, технические ха-

рактические характеристики счётчика уже имеют значение. Потому что при установке прибора необходимо учитывать несколько факторов: давление воды, её рабочую температуру, предельное значение сумматора и т.п. Установка водомеров производится на основании технических условий, схемы установки, паспорта водосчётчика. Выдача технических условий на установку водомера с приложением типовой схемы установки квартирного водомера производится водоканалом на основании письменного заявления потребителя. Снятие водомера, поверку, ремонт, последующий монтаж водомера производит водоканал после оплаты стоимости данной услуги потребителем. Потребитель имеет право самостоятельно осуществить поверку водомера. Работы по установке квартирных водомеров имеет право производить водоканал или любое другое предприятие, имеющее лицензию на выполнение этих работ, за счет потребителя услуг.

Установка водосчётчиков может производиться в каждой квартире, на группу квартир или на дом в целом.

В районном центре Пospелиха был проведён эксперимент по установке водосчётчика в многоквартирном доме по ул. Кирзаводская. За полгода ежемесячное потребление воды на каждого человека здесь уменьшилось с четырех до трех кубометров. В результате снизилась плата не только за воду, но и откачку канализационных сточных вод. Еще большего эффекта поспелихинцы ожидают от установки водосчётчиков в каждой квартире.

Данный эксперимент доказывает экономическую необходимость и эффективность установки водосчётчиков и создания единой системы водоучёта в г. Барнауле.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Васильева Е.Е. – студент гр. ВиВ-01

Бахтина И.А. – к.т.н., доцент

Широкое использование необеззараженных нечистот, сточных вод и их осадков для удобрения почвы приводит к ее обсеменению яйцами гельминтов и цистами кишечных патогенных простейших, что способствует росту паразитарных заболеваний людей.

Строительство сложных и дорогостоящих очистных сооружений не может радикально решить проблему полного прекращения сброса загрязняющих веществ в поверхностные водотоки, а традиционно используемый хлор для обеззараживания сточных вод после прохождения цикла очистки не обеспечивает полной гибели яиц гельминтов.

Санитарно-паразитологические исследования в различных регионах России показали, что в 1 л очищенных сточных вод содержится от 5,4 до 48,1% жизнеспособных яиц гельминтов. Попадая в осадок, яйца не теряют инвазионные свойства в течение 3-6 лет в зависимости от климатических условий и на протяжении всего цикла регенерации сохраняется эпидемически значимое содержание возбудителей, обладающих жизнеспособностью и создающих эпидемическую напряженность.

Для дегельминтизации осадков сточных вод предложено много эффективных методов: термофильное сбраживание в метантенках или термосушка; облучение инфракрасными лучами; пастеризация; аэробная стабилизация; компостирование; обработка в биобарабанах; обработка реагентами; подсушивание на иловых площадках.

На практике большинство предложенных методов не нашли широкого применения в основном из-за значительных дополнительных материальных затрат. Кроме того, многие химические реагенты, используемые в целях дегельминтизации обладают в разной степени токсичностью и могут способствовать уничтожению естественных биоценозов.

Перспективным направлением является разработка экологически безопасных технологий дегельминтизации сточных вод и их осадков (создание условий для естественной гибели паразитарного начала).

Перед нами была поставлена задача: разработать эффективный, экономически выгодный применительно к условиям КОС г. Барнаула метод обеззараживания осадков сточных вод от возбудителей паразитарных болезней. С этой целью изучена овоцидная активность отечест-

венного нового препарата «Пуrolат-Бингсти», представляющего собой гомогенат, изготовленный на растительной основе.

Исследования были проведены на реальной сточной воде КОС-1 г. Барнаула. Анализируемыми параметрами являлись: количество яиц гельминтов в пробе и их видовой состав. Анализы проводились в лаборатории МУП «Барнаульский Водоканал» по стандартным методикам с трехкратной повторностью экспериментов. Исследованный диапазон доз реагента «Пуrolат-Бингсти» составил от 1 до 100 мл/м<sup>3</sup>.

На первом этапе были проведены исследования по влиянию дозы реагента «Пуrolат-Бингсти» на эффективность дегельментизации осадка сточных вод, который отбирался из первичных отстойников. В результате проведенных исследований установлено, что небольшие дозы реагента (1 – 5 мл/м<sup>3</sup>) практически не влияют на эффективность дегельментизации. Увеличение дозы реагента до 40 – 60 мл/м<sup>3</sup> позволяет снизить общее содержание яиц гельминтов на 40%. Последующее увеличение дозы реагента (70 – 100 мл/м<sup>3</sup>) не влияет на эффективность дегельментизации. Видовой состав яиц гельминтов, показывает, что основную часть составляют яйца аскаридов, астриц и токсакар. Также в пробах изредка встречаются яйца лентеца широкого и карликового цепня.

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ ВОДОСЧЁТЧИКОВ

Антипова Е.Н. – студент гр. ВиВ-01  
Иванов В. М. – к.т.н., доцент

Всё возрастающие тарифы на холодную и горячую воду, отопление заставляют простых граждан считать свои деньги и задумываться об установке счётчиков. Однако большое разнообразие фирм и типов счётчиков, незнание многих необходимых операций не позволяют обывателю грамотно оценить выгоду покупки и установки счётчиков. Проведём анализ экономической эффективности установки водосчётчиков.

В квартиру устанавливаются два водосчётчика диаметром условного прохода 15 мм, на холодную воду. В квартирах, где кухня и санузел разнесены в разные части квартиры, устанавливаются четыре водосчётчика.

В стоимость стандартной установки двух водосчётчиков входит:

- счётчик холодной воды;
- счётчик горячей воды;
- фильтр грубой очистки воды Ду 15 – 2шт;
- кран шаровой Ду 15 – 2шт;
- монтажные работы;
- пломбирование;
- оформление документов на ввод в эксплуатацию водосчётчиков в МУП Водоканал, ЭНЕРГОСБЫТ и жилищной организации.

На сегодняшний день, зарегистрировано более 140 типов водомеров для использования в различных технологических условиях. Цена одного счётчика в зависимости от марки и страны-изготовителя составляет от 300 до 1700 руб. Установка одного водосчётчика обходится примерно в 1000 рублей за каждый счётчик. Таким образом, включая дополнительные расходы на фильтр, кран, оплату работы сантехников и согласование во всех необходимых инстанциях, установка одного водосчётчика обходится от 2500 до 5000 рублей.

Установка водосчётчиков может производиться в каждой квартире, на группу квартир или на дом в целом. При этом необходимо отметить, что по результатам статистических исследований при установке водосчётчика на дом или несколько квартир расход потребляемой воды снижается в среднем на 20 – 60 %; при установке водосчётчиков на холодную и горячую воду в квартире – в 1,5 – 3,5 раза. Таким образом, более ощутимую экономию расхода воды, а значит и оплаты, можно получить, лишь потратившись на установку водомеров в каждой квартире.

Анализ статистики снижения оплаты за воду при установке водосчётчиков на холодную и горячую воду показывает, что средняя экономия за месяц составляет 200 – 290 рублей в месяц или 2100 – 3500 рублей за год.

Таким образом, срок окупаемости затрат на установку водосчётчиков зависит от количества и возраста проживающих в конкретной квартире, сложности монтажа и др. и может составлять от 1,5 до 3-х лет. При этом расчёты показывают, что экономически целесообразно устанавливать водосчётчики с числом проживающих три и более человек.

В целом смысл устанавливать счётчики воды есть, потому что рост тарифов это постоянное явление и вряд ли этому будет предел, а потребляем мы примерно одно и то же количество воды, так надо ли оплачивать всё дороже и дороже то, что мы не потребляем.

## УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ СУШКИ

Ельченинова Е.А. – аспирант  
Николаев А.М. – к.т.н., доцент

Появление в настоящее время новых материалов используемых после их сушки для правильного проектирования сушильных установок. С этой целью необходимо проводить исследования кинетики сушки этих материалов. Изменение во времени  $\tau$  средних по объёму высушиваемого материала влагосодержания  $W^c=f(\tau)$  и температуры  $t=t(\tau)$  кладут в основу определения продолжительности сушки до заданного конечного влагосодержания, количества испаренной влаги и теплоты на сушку.

С целью уменьшения трудоёмкости и длительности таких исследований по сравнению с традиционными методами разработана специальная установка, принципиальная схема которой приведена на рисунке 1 в упрощённом виде.

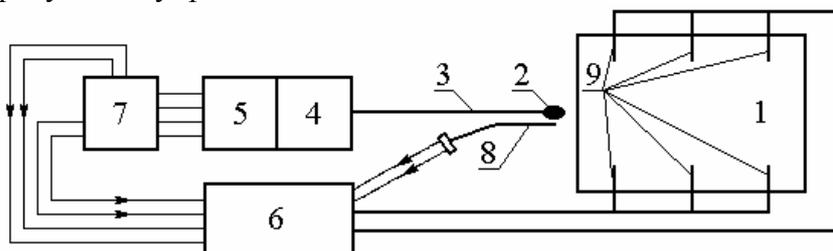


Рисунок 1. Принципиальная схема установки.

Установка представляет собой печь 1, которая накачивается на исследуемый образец материала 2, закрепленный на термопаре 3, служащий одновременно плечом массоизмерительного блока 4 с механическим преобразователем 5. Последний по мере изменения массы образца в результате удаления из него влаги, вырабатывает электрический сигнал, который подается на шлейфный осциллограф. На ленте последнего фиксируются: изменения массы образца, температура в его центре и на поверхности (термопара 8) Работа блоков 4, 5, 6 обеспечивается общим блоком питания 7. Температурный режим в печи контролируется термопарами 9.

Анализируя кривую  $W^c=f(\tau)$  на ленте, определяют периоды сушки, по значениям влагосодержания на границах каждого периода определяют коэффициент сушки, зависящий от его периода, относительный коэффициент сушки, зависящий от физических свойств материала и его начальной влажности, длительность сушки.

Полученные данные по коэффициентам сушки для новых материалов могут войти в известные справочные материалы по технике и технологии сушки, позволят правильно спроектировать сушильные установки.

## ПОДСЕКЦИЯ «АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ»

### ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ АСУ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Атмашкин Р.В. студент гр. ЭТ-01  
Чебыкин А.Ю. студент гр. ЭТ-01  
Радченко М.В. д.т.н., профессор  
Радченко Т.Б. д.т.н., профессор  
Стальная М.И. к.т.н., профессор

Нет вещества более простого и более загадочного, чем вода. Вода занимает особое место среди всех соединений в смысле первостепенной ее важности в самых разнообразных процессах и явлениях живой и неживой природы, а также в практическом использовании ее человеком.

Запасы воды на Земле исчисляются примерно в 1400 млн. км<sup>3</sup>, около 98 % из них являются солеными. Большая часть пресной воды, доля которой и так невелика, труднодоступна для использования ее человеком, так как сосредоточена в ледниках на южном и северном полюсах нашей планеты, вершинах гор и водоносных слоях под землей. Ежегодный объем потребления пресной воды в мире составляет 3900 млрд. м<sup>3</sup>, около половины его теряется безвозвратно, другая половина превращается в грязные сточные воды. В Европе, а также наиболее крупных городах России, уже давно люди не пьют воду из-под крана, предпочитая покупать воду, либо употреблять ту, которая проходит несколько стадий очистки. В наиболее развитых индустриальных районах проблема качества воды стоит очень остро. Ее пытаются решать как глобально: в масштабах города, на водоканалах, применяя наиболее простые и эффективные методы, для достижения качества воды, удовлетворяющего санитарным нормам и требованиям; так и локально, устанавливая станции по очистке воды в небольших районах, фильтрующие установки в жилых домах, фильтры - в квартирах.

Вода из крана, отвечающая требованиям санитарных норм и законов, бывает не такая уж и пригодная к употреблению, хотя бы потому, что пока она доставляется по сети трубопровода, который заменяется не так уж и часто. К воде может примешиваться не только ржавчина, но и различные другие вредные скопления.

Людей, волнующих, качество употребляемой ими воды, становится все больше. Каждый может иметь свою точку зрения на решение этой проблемы. Кто-то покупает, сейчас так распространённую воду в пластиковых бутылках, хотя факт что она упакована и разлита, судя по этикетке на минеральной скважине под номером таким то, еще не говорит о безоговорочной ее полезности, а в Германии вообще не употребляют воду в пластиковых бутылках, по причине их растворимости в воде. Кто-то использует недорогие простые фильтры, но и они, к сожалению, не могут очистить воду от солей и вредных примесей, а лишь удаляют крупные вещества, такие как ржавчина, хлорка. Ведь Земля, как естественный, биологический фильтр, уже не может справиться с ролью борца за очистку воды, так как сама загрязнена не меньше.

Другие, кто может себе позволить, устанавливают системы фильтрации, результат использования которых, как говорится, на лицо, качество воды после обработки в этих системах значительно выше, да и вкус, совершенно другой, нежели у воды из крана. Но как уже было сказано выше, эти фильтры, в финансовом плане, доступны не любому, кто хочет пить и использовать чистую воду. И тогда на ум приходит идея использовать различные недорогие ресурсы, в области нестандартной очистки воды.

И одной из разновидностей "нестандартной" обработки, примененной в разработанном устройстве, является магнитная обработка воды. В нашей стране и за рубежом все большее распространение получают устройства для магнитной и электромагнитной обработки воды. Благодаря простоте и универсальности многие фирмы считают этот метод обработки воды технологией 21 века. Данное высказывание можно подтвердить многообразием устройств,

для электромагнитной обработки воды, которые были представлены на последней всемирной выставке водных технологий “ Aquatech ” (Амстердам, 2004 г.).

Кто её видел в действии или хотя бы слышал о ней? Согласитесь, совсем не многие. А ведь любопытно! Причем, во время поисков на эту тему обнаружился один, так скажем, парадокс. Магнитная обработка воды не только упоминается, но даже регламентируется различными документами, и в то же время о ней, почему-то, мало кто слышал.

Первая проблема, которую помогает решить разработанное устройство, стара почти как мир. Точнее стара, как первый в мире водопровод, ибо появилась она сразу же вслед за постройкой этого самого водопровода. Проблема эта - отложение солей кальция и подобных ей солей на стенках трубопроводов. При этом происходит так называемое "обрастание" трубы и, соответственно, уменьшение её проточного сечения. Отложения, образующиеся в трубах, принято называть "инкрустациями". Практически нет ни одной отрасли промышленности, теплоэнергетики или объектов жилищно-коммунального хозяйства, которые бы не были с ней связаны.

Вторая проблемы возникла несколько позже - с появлением нагревательных элементов и теплообменников. Причем проблемы тут начались с такой водой, с которой в "холодном" водопроводе и проблем-то не было. Например, вода с жесткостью менее 7 мг-эквивалент на литр считается абсолютно нормальной для использования в системах водоснабжения и в том числе питьевых. Но если в этой "абсолютно нормальной" воде (те самые 4-6 мг-эквивалент на литр) находятся в виде карбонатной жесткости, то стоит её нагреть, как в трубах горячего водоснабжения появится осадок, а теплообменники, в которых происходит нагрев, начнут "зарастать" просто с поразительной скоростью. Отложения солей жесткости (соли кальция и магния) на поверхности нагревательного, теплообменного и технологического оборудования, внутри трубопроводов, повышают энергетические затраты, снижают ресурс работы оборудования, требуют значительных эксплуатационных расходов. Так, например, слой накипи в 5 мм приводит к перерасходу топлива до 30%, а отложения толщиной 10 мм – повышают его расход в два раза. Накипь в 10 мм может сформироваться менее чем за один год.

Сущность метода, разработанного устройства, состоит в том, что при пересечении водой магнитных силовых линий катионы солей жесткости выделяются не на поверхности нагрева, а в массе воды. В сравнении с существующими методами умягчения воды магнитную обработку отличают простота, дешевизна, безопасность, экологичность, низкие эксплуатационные расходы. Обработанная магнитным способом вода не приобретает никаких побочных, а тем более вредных для здоровья человека свойств и не меняет солевой состав, сохраняя вкусовые качества питьевой воды.

Технологические требования, а также требования безопасности и экономии затратных средств, при эксплуатации, а именно электричества, подразумевают наличие в устройстве такой системы управления, которая бы удовлетворяла всем этим требованиям. Необходимость создания системы автоматического управления вытекает из технологических условий протекания физических процессов в воде.

Степень очистки зависит от параметров и топографии магнитного поля спроектированного устройства, поэтому система автоматического управления должна обеспечивать изменение этих параметров в широких пределах, так как химический и дисперсный составы примесей природной воды меняются по сезонам и районам. Поэтому на кафедре АЭПиЭТ была разработана АСУ для очистки воды с использованием магнитной обработки путем изменения напряженности магнитного поля электромагнита. Это решение было реализовано в двух типах АСУ, построенных с применением тиристорного преобразователя и с использованием реостатного метода регулирования.

Эффективность магнитной обработки может изменяться вплоть до нулевых значений в зависимости от совпадения факторов влияющих на процесс. Изменение напряженности магнитного поля осуществляется изменением рабочего тока электромагнита и рабочего напряжения. Это можно достичь путем введения дополнительных сопротивлений в цепь питания электромагнита, либо при помощи импульсного тиристорного преобразователя. Изменение

формы поля осуществляется переключением катушек электромагнита, различными вариациями их включения. Оптимальная напряженность и форма поля, для различных составов вод и в разные сезоны, определяется опытным путем и в соответствии с анализом воды настраивается для оптимальной работы.

При воздействии поля все отложения остаются в толще воды, и вода сохраняет свои свойства в течение небольшого промежутка времени, что в совокупности с экономичным использованием электроэнергии обуславливает создание системы автоматического управления, обеспечивающей определенные режимы работы, в зависимости от времени наиболее интенсивного потребления воды.

## САУ УПРАВЛЕНИЯ РАСПАШНЫМИ ВОРОТАМИ КАК ЭЛЕМЕНТ ОБЩЕЙ СИСТЕМЫ АТС

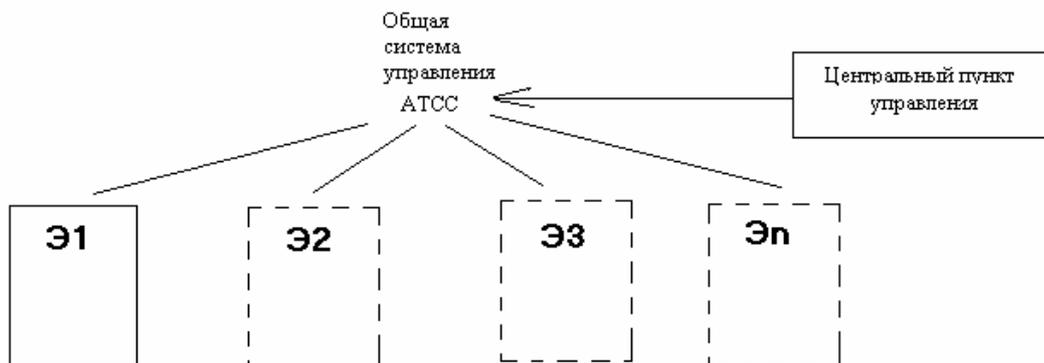
Ахмедов А. А. студент гр. ЭТ-01  
Радченко М. В д.т.н., профессор

Использование САУ управления распашными воротами как элемента общей системы автоматизированного транспортного складского средства (АТСС) предназначено для того, чтобы свести к минимуму потери времени доставки или вывоза продукции со склада, сократить численность рабочих, а соответственно, благодаря этому, повысить экономическую эффективность работы складских помещений и предприятия в целом. Основная задача данной системы заключается в быстром открывании ворот при приближении к ним транспортного средства с грузом и закрытии после прохождения в целях обеспечения безопасности и предотвращения нежелательного проникновения на склад посторонних объектов. Кроме того, эта система управления должна обеспечивать защиту от перегрузок и возможного закрытия ворот в момент нахождения в проеме посторонних предметов или людей.

На протяжении столетий, вплоть до XX века, ворота открывались вручную. В средние века для защиты замков от нападения врагов использовались тяжёлые деревянные или железные ворота, которые открывались с большим усилием вручную или с помощью простейшего цепного привода. Для этого к воротам были приставлены люди, которые их открывали. Известно выражение, что «лень – двигатель прогресса», поэтому, безусловно, были изобретены устройства, облегчающие труд.

Со временем это привело к созданию автоматизированных ворот, которые изначально управлялись с помощью кнопочного пульта управления, затем стали применять пульта дистанционного управления, команды которых передаются посредством ИК-луча или радиосигнала. Автоматизированные ворота нашли широкое применение на складах, в качестве въездных ворот на территорию или же ворот в больших цехах или ангарах, открывание которых вручную затруднительно из-за больших габаритов и массы. Введение автоматики позволило заметно упростить и ускорить процесс доставки, например, на склад готовой продукции обычными, а также роботизированными транспортными средствами (робокарами).

В настоящее время трудно себе представить крупное, преуспевающее предприятие без автоматизации производственного процесса, в том числе и автоматической организации работ на складе. В результате возникшей потребности и была разработана САУ распашными воротами как элемент общей системы АТСС, управление, которой осуществляется с централизованного пункта в целях обеспечения четкой и слаженной работы всех элементов системы. Примерный вид схемы АТСС приведен на рисунке 1



Э1, Э2, Э3, Эn- элементы, входящие в систему АТСС

Рис.1

В целях экономии места в складском помещении целесообразно применение подъемно-поворотных или распашных ворот. Возможная схема управления одним из элементов изображена на рисунке 2.



Рис.2 Схема системы управления распашными автоматическими воротами складского помещения (одного элемента общей системы АТСС)

Система управления представляет собой жесткую логику, функционирующую в соответствии с заданным алгоритмом работы, в зависимости от сигналов поступающих с инфракрасного «бампера», при подходе транспортного средства, который подает команды на подъем или опускание. Блок конечных (путевых) выключателей осуществляет остановку привода в конечных положениях, а также контролируют процесс торможения привода при опускании ворот для их плавной остановки. Предлагаемая схема достаточно проста и в то же время подходит для использования не только на складах, но и в других помещениях или на улице. Электропривод также не имеет каких-либо особенностей. Применяется в основном асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, что обеспечивает сравнительную дешевизну и неприхотливость в использовании.

Также очень важным требованием к САУ управления распашными воротами как элемента общей системы АТСС является надежность и четкая взаимосвязь всех ее компонентов. Невыполнение же данного требования может привести к нарушению технологического процесса, а это негативно отразится на работе предприятия, в том числе и с экономической точки зрения. Поэтому необходимо серьезно отнестись к анализу и выбору приводов и системы управления ими. Данная разработка и выбор типа привода были сделаны на кафедре АЭП и ЭТ в рамках технического задания предприятия.

## АКТУАЛЬНОСТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ.

Бояринцев В. В. студент гр. ЭТ-01  
Стальная М.И. к.т.н., профессор,  
Радченко Т.Б. д.т.н., профессор

Актуальность модернизации высшей школы, напрямую зависит от того, насколько она удовлетворяет текущим требованиям общества и отдельного индивидуума.

Высшая школа достаточно широкое понятие, охватывающее большое количество образовательных учреждений с разными параметрами и принципами, иногда диаметрально противоположными. Поэтому, в данной статье рассматривается вопрос актуальности модернизации процессов преподавания в технических университетах.

Образовательная программа технических университетов должна быть такой, чтобы молодой специалист, устроившийся по специальности, в минимальные сроки втягивался в работу. Так же она должна включать в себя все необходимые дисциплины, которые в свою очередь должны соответствовать требованиям времени. Пока что в России не так широко развита специализация, и вероятность того, что молодой специалист устроится по специальности, не велика, почти всегда специалиста доучивают, а порой и переучивают на производстве. Производственные процессы разнообразны, некоторые не меняются столетиями, а некоторые, особенно в области новых технологий, меняются достаточно быстро, значит, образовательная программа должна модернизироваться по мере модернизации производственного процесса, а так же её сроки должны соответствовать темпам развития производства. Такую образовательную программу невозможно создать и модернизировать силами только учебного заведения. В свете этого логична модернизация образовательной программы в технических университетах, в направлении уменьшения специализации и, в конечном счёте, преподавания только основных предметов, характерных для всех технических специальностей. Узкая же специализация должна производиться на предприятии посредством подготовительных курсов. Таким образом, университеты будут давать настоящее качественное универсальное высшее техническое образование, а предприятия будут готовить профессиональные кадры для себя, последнее имеет колоссальное значение. В этом случае увеличится процент специалистов работающих по специальности, повысится качество продукции, качество жизни и сократится количество времени, проведённого впустую. Актуально ли это для нашей страны? Возможно, абитуриенты, выбирающие из огромного списка специальностей, не сильно различающихся между собой, знают ответ на этот вопрос.

Параллельно с изменением образовательной программы в целом, необходимо так же повышать её качественный уровень.

Основной чертой нашего времени является стремительное развитие цифровых технологий и повсеместное внедрение последних. Цифровые фотоаппараты за несколько лет практически вытеснили обычные, то же самое происходит с магнитофонами. Компьютер из вычислительной машины за несколько лет превратился в развлекательный центр с лёгкостью вмещающий домашний кинотеатр, музыкальный центр, игровую приставку и многое другое, но, не смотря на это, он всё-таки остаётся вычислительной машиной. Новые технологии не только изменили бытовые приборы, но и изменили сам быт.

Хорошо ли это? Не всегда. Любое изменение внешнего воздействия на систему неизбежно приводит к изменению последней, эти изменения сопровождаются переходными процессами, которые в силу своего определения далеко не самые рациональные с точки зрения отношения пользы к затратам. Да, после того как пройдут переходные процессы, и система перейдёт в новое устойчивое состояние, возможно состояние системы будет благоприятным. Но характерной чертой прогресса является то, что он не останавливается, а наоборот ускоряется. И этому ускорению сильно способствует развитие цифровых технологий.

Несомненно, в технических университетах учатся преимущественно прогрессивно настроенные люди, для которых вопрос применения новых технологий, а именно, компьютер-

ной техники, в образовательном процессе очень важен. Одними из основных преимуществ новых технологий являются возможность быстро модернизировать образовательную программу, изменять её содержимое, повышать увлекательность, наглядность и мобильность, уменьшать трудоёмкость, как со стороны преподавателя, так и со стороны обучающегося, тем самым, уменьшая нагрузку. Благодаря им актуальность применения новых технологий бесспорна, но необходимо отметить то, что для внедрения цифровой техники необходимы большие финансовые средства, приток которых в условиях рыночной экономики должен сильно зависеть от спроса, то есть от потребности предприятий в высококвалифицированных кадрах, и как следствие, их желания платить за последние. На сегодняшний день далеко не все российские предприятия высоко оценивают работу инженеров, чем снижают престиж профессии в целом, но в частности, настоящие профессионалы ценились, ценятся и будут цениться во все времена и во всех государствах. Вот только беда российской экономики в том, что спрос на таких профессионалов не велик, да и не каждое предприятие готово платить достойную заработную плату таким сотрудникам. Таким образом, в России спрос на высококвалифицированных инженеров пока что не велик, а в условиях рыночной экономики спрос всё решает, и если он не велик, значит, технические университеты удовлетворяют требованиям общества в лице предприятий, и модернизация процесса преподавания в них не достаточно актуальна, по большому счёту.

На основании проделанной работы считаем целесообразным для повышения качества обучения технических дисциплин в технических университетах, переоснастить современным оборудованием с применением вычислительной техники лабораторную базу специальности.

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ В НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ПРОЦЕССЕ

Давыдкин А.В. студент гр.ЭТ - 01.

Радченко М.В. д.т.н., профессор

Главным способом решения поставленных задач, в какой – либо области, являются научные исследования. Большинство научных исследований связано с экспериментом. Он проводится в лабораториях, на производстве, на опытных полях и участках, в клиниках и т. д. При современном уровне развития науки, практически все эксперименты являются многофакторными (т.е. когда выходная величина зависит от двух и более входных величин), что существенно осложняет поиск оптимальных параметров, – как правило, конечной цели любого эксперимента. Для поиска оптимальных параметров необходим набор данных. Эти данные можно получить несколькими способами: непосредственным экспериментом, когда данные получаются при проведении эксперимента непосредственно на объекте; модельным экспериментом, когда данные получаются при проведении эксперимента на физической модели; при помощи математической модели, когда получают математическую модель, с той или иной погрешностью, описывающую физический процесс и, используя модель, получают необходимые данные.

Учитывая, что приходится иметь дело с многофакторным анализом, необходимо большое количество данных, возникает ряд проблем при проведении непосредственного эксперимента, так как он требует, как правило, затрат различных ресурсов (человеческих, временных, финансовых и др.). Получение модели физического процесса, не всегда возможно и так же требует существенных затрат многих ресурсов. Поэтому в настоящее время существенное развитие получает математическое моделирование, так как оно позволяет снизить затраты, практически не теряя при этом в качестве оптимизации. Стоит, однако отметить, что математические модели можно получить не для всех процессов, что ограничивает область его применения.

На сегодняшний день актуальной проблемой является проблема защиты материалов от внешних воздействий. Такая потребность возникает в различных отраслях промышленности

(например, защита камер сгорания в котлов и др.), где, решая поставленные задачи по нанесению защитных покрытий можно добиться лучших показателей (например, увеличить срок службы, или температуру горения и т.д.) или осуществить новые технические решения, которые ранее были невозможны по причинам неудовлетворительных параметров материалов. Таким образом, можно сделать вывод, что область нанесения защитных покрытий является развивающейся областью, перед которой постоянно ставятся новые задачи, которые необходимо решать.

Для решения задач, в области электро - технических процессов нанесения защитных покрытий, с изменяющимся количеством переменных представляет интерес исследования влияния (действительного или подозреваемого) некоторых переменных на остальные. Таким влиянием, конечно, может быть простая функциональная связь между переменными; однако во многих физических процессах это скорее исключение, чем правило. В случае более сложной функциональной зависимости, которую слишком сложно описать в простых терминах, мы можем стремиться подобрать аппроксимацию этой функциональной связи с помощью какой – нибудь простой математической функции (скажем, такой, как полином), которая включает подходящие переменные, и сглаживать или аппроксимировать «истинную» функцию в определенной ограниченной области изменения этих переменных.

Даже тогда, когда по смыслу не существует физической связи между переменными, мы можем стремиться к тому, чтобы отразить ее с помощью математического уравнения данного вида. Если уравнение физически бессмысленно, то оно, тем не менее, может оказаться весьма ценным для предсказания значений ряда переменных по известным значениям других переменных, быть может, при определенных ограничениях.

Частным случаем может служить возможность получения модели, которая позволит сравнить различные методы нанесения защитных покрытий, между собой. Такую модель можно получить, взяв в качестве одного входного параметра, какой – либо общий параметр для группы методов, а в качестве второго – параметр присутствующий в каждом методе, но с индивидуальным значением для каждого метода, в качестве выходного параметра такой модели может служить качественная характеристика защитного покрытия.

Исходя из всего вышесказанного, было принято решение создания программного продукта позволяющего осуществить многофакторный анализ в области электро – технологических процессов. Данный программный продукт не претендует на уникальность и исключительность, а является лишь одним из вариантов решения поставленной задачи.

В результате работы был создан программный продукт, который дает возможность на базе экспериментальных данных, получить математическую модель позволяющую прогнозировать экспериментальные данные.

Достижение поставленной цели позволит решить следующие прикладные задачи:

1. Уменьшение экспериментальных данных
2. Более наглядного представления полученных данных и результатов вычислений
3. Оценка значимости тех или иных факторов

## БЛОК СХЕМА САУ РАСПАШНЫМИ ВОРОТАМИ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ.

Игошин А. студент ЭТ -01  
Радченко М.В. д.т.н., профессор,  
Радченко Т.Б. д.т.н., профессор

В стародавние времена для приведения в движение какого-либо механизма люди использовали в качестве привода, как свою собственную силу, так и силу различных животных, а несколько позже стали использовать энергию воды и ветра. Человечество и не догадывалось о том, что когда-то через многие годы появятся механизмы способные делать эту работу, и все они будут приводиться в движение при нажатии всего лишь одной кнопки.

В настоящее время управление различными приводами и установками осуществляется с помощью систем автоматического управления. С каждым годом эти системы становятся все сложнее и могут выполнять все большее количество функций.

Управление электроприводами заключается в осуществлении пуска, регулирования скорости, торможения, реверсирования, а также поддержания режима работы привода в соответствии с требованиями технологического процесса.

В простейших случаях пуск, регулирование скорости, торможение производится при помощи аппаратов ручного управления. Применение этих аппаратов исключает возможность дистанционного управления, что неприемлемо в ряде современных автоматизированных установок.

Примером таких установок являются автоматические распашные ворота, которые получили широкое распространение в промышленности, роботизированных складских помещениях, а также в частных домовладениях.

Автоматизация процесса открывания ворот дает возможность осуществлять дистанционное управление этим процессом, а также обеспечивает необходимую степень защищенности, благодаря кодированному сигналу системы дистанционного управления.

В настоящее время на рынке представлено большое количество приводов для распашных ворот таких фирм как “CAME”, “Normann”, “GENIUS” и др. Продукция этих фирм обладает высокой надежностью, высокой ценой, привода имеют малые габариты красивый дизайн, но они в основном не адаптированы для наших российских условий эксплуатации. Таким образом становится актуальным вопрос создания приводов и систем управления автоматическими распашными воротами, которые бы соответствовали российским условиям эксплуатации и имели более низкую цену. К тому же они должны иметь защищенное исполнение для защиты от вандалов и хулиганов, тогда как иностранные модели всегда выпускаются в мало защищенных корпусах и почти всегда требуют дополнительной охраны или видео наблюдения.

Управление приводом автоматических распашных ворот осуществляется с помощью системы дистанционного управления, в которую входит пульт дистанционного управления и приемник, имеющий большое количество кодов, что необходимо для защиты от взлома. При нажатии на кнопку пульта управления сигнал поступает на приемник, он в свою очередь посылает сигнал в систему управления, система управления осуществляет пуск и останов двигателя, по окончании открытия или закрытия ворот входит в работу блок конечных выключателей, который контролирует положение ворот и посылает сигналы для их остановки, а для защиты от наезда ворот на человека или к примеру на автомобиль используется инфракрасный барьер.

Для автоматизации распашных ворот используют как двигатели постоянного, так и переменного тока, но в нашем случае используется двигатель постоянного тока. Это необходимо для регулирования скорости и точности останова, а также для использования привода во время отсутствия электроэнергии.

Типовая схема системы управления представлена на рис.1.

Современные системы автоматического управления для распашных ворот строятся на базе интегральных микросхем или микропроцессоров, что позволяет им иметь не большие габариты, увеличить быстродействие и надежность.

Применение современных систем автоматического управления распашными воротами во многом облегчает работу и жизнь людей и в дальнейшем они должны постоянно модернизироваться и внедряться в промышленность, роботизированные складские помещения и использоваться в быту.



Рис 1.

## ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ АСУ РОБОКАРНЫХ ТЕЛЕЖЕК

Касаткин Д.Е., студент гр. ЭТ-01  
Пешков В.Л. доцент

А вы слышали что-нибудь о космическом лифте? Это одна из самых поразительных идей Циолковского. Суть в том, что на высоте 35789 километров (не выше и не ниже, эта орбита, пролегающая над экватором, называется геостационарной) спутник облетает наш земной шар ровно за 24 часа, то есть он движется со скоростью вращения Земли и как бы повисает над ней в одной небесной точке. Соединить его с земной поверхностью тросами из высокопрочного материала (учёные вроде бы уже определились, огромную силу натяжения сможет выдержать углеродное волокно)- вот и готов космический лифт, значительно упрощающий и удешевляющий доставку людей и грузов на космическую орбиту. Научные лаборатории, жильё и производственные блоки - всё это можно будет разместить на космическом лифте, основная его база, находящаяся в невесомости, может достигать до 10 километров в диаметре!

В настоящее время современному предприятию необходимо поддерживать и улучшать не только качество производимой продукции, но улучшать внешний вид зданий предприятия, а это требует дополнительных затрат. Для уменьшения затрат здания складов, которые составляют значительную часть, можно переносить непосредственно под землю или говоря другими словами использовать подземные склады. Они не требуют внешнего ремонта, и дополнительного утепления в зимний период. Причём уровень в таком складе может быть достаточно для того чтобы один подземный склад смог заменить несколько наземных. Но возникает вопрос - с помощью чего можно разместить по уровням склада необходимые изделия. Именно здесь и нужны модернизированные высокоскоростные грузовые лифты.

Лифт представляет собой единую электромеханическую систему, динамические характеристики которой зависят как от параметров механической части, так и от структуры и параметров электрической части.

Основными параметрами технической характеристики лифта являются: грузоподъёмность, скорость движения и высота подъёма кабины.

Безопасность применения и надёжность работы основополагающие требования, на которых базируется проектирование, изготовление и эксплуатация лифтового оборудования. На ряду с указанными к лифтам предъявляются следующие дополнительные требования: точность остановки относительно уровня этажной площадки, бесшумность работы, допустимый уровень электромагнитных помех работе систем радиосвязи и телевидения, быстроедействие.

Одним из наиболее важных требований предъявляемых к грузовым лифтам является точность останова, не соблюдения её приводит в некоторых случаях к невозможности разгрузки кабины лифта.

Наряду с приведенными требованиями необходимо использовать современную элементную базу и синхронно-шаговый привод. Это будет способствовать увеличению надёжности, быстродействия и уменьшению габаритов. Применение синхронно-шагового привода даёт возможность отказаться от понижающего редуктора, обратных связей для точности позиционирования и контроля параметров в пускотормозных режимах.

На основании выше сказанного была разработана новая система управления высокоскоростным грузовым лифтом с применением синхронно-шагового двигателя и логической системой управления. Данная конструкция грузового лифта позволила упростить работы по эксплуатации и ремонту для обслуживающего персонала, не требующего высокой квалификации. Так же применение такой системы управления позволило сократить затраты при эксплуатации высокоскоростных грузовых лифтов снабжённых данной разработкой.

## АСУ ГРУЗОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ – ЭЛЕМЕНТ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Кобакин И.А. студент гр. ЭТ-01  
Стальная М.И. к.т.н., профессор

Одним из элементов автоматизированных систем управления (АСУ) являются грузовые робототехнические устройства. Из общего количества используемых промышленных роботов значительную долю составляют транспортные роботы, специально ориентированные на выполнение погрузочно-разгрузочных и транспортных операций. Процесс загрузки – разгрузки рабочих мест осуществляется автоматически с помощью манипуляторов, подъемно-выдвижных столов.

Автоматизированными транспортными средствами, реализующими различные межучастковые и межоперационные связи, являются транспортные роботы. В настоящее время наибольшее применение нашли устройства передвижения колесного типа (рельсовые, безрельсовые) в напольном и подвесном исполнениях. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с другими средствами: малогабаритностью подвижного состава, большим диапазоном регулирования производительности, автоматическим перемещением и др. В последнее время в целях обеспечения функциональной гибкости транспортных роботов большое внимание уделяется использованию и созданию напольных транспортных роботов – робокарных тележек.

Использование робокарных тележек в промышленности обеспечивает следующие преимущества: эксплуатационную гибкость, уменьшение количества препятствий на полу помещения (например, конвейеров), улучшение доступа к оборудованию, уменьшение перерывов в работе транспортной системы (если один робот в ремонте, движение остальных по маршруту продолжается), возможность использования различных погрузочно-разгрузочных устройств. Наиболее подходящий электропривод для использования, который по сравнению с другими приводами не засоряет окружающую среду выхлопами, и является экологически безопасным, может быть, например, двигатель постоянного тока.

Применение робокарных тележек позволило:

- во-первых, повысить производительность;
- во-вторых, объединить разрозненное технологическое оборудование в гибкие автоматизированные производственные системы;
- в третьих, в ряде случаев, исключить вредное влияние производственной среды на человека.

Таким образом, использование робокарных тележек является важным аспектом автоматизации производства.

## НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН.

Козицин А.В. студент гр. ЭТ-01  
Радченко Т.Б. д.т.н., профессор  
Стальная М.И. к.т.н., профессор

Сейчас специалисты электротехнических специальностей пользуются на рынке труда повышенным спросом из-за роста автоматизации промышленной отрасли Алтайского края. Инженеры-энергетики и инженеры-электронщики работают на предприятиях машиностроения, энергетики и пищевой промышленности. Тотальная компьютеризация учебных заведений сделала возможным дистанционное обучение студентов практически всем специальностям, в том числе и электротехническим.

Дистанционное обучение позволяет сократить нагрузку преподавателей, перераспределить рабочее время, так как студенты имеют возможность осваивать материал без участия педагога. Студенты, в городе которых нет университета или института, могут получить высшее образование дистанционно, занимаясь в компьютерном классе с выходом в Интернет в одной из городских школ или в компьютерном клубе.

Существует несколько основных разновидностей дистанционного обучения: студент изучает курс по какой-либо тематике и выполняет контрольные задания для проверки полученных знаний, а преподаватель в свою очередь, на этом же компьютере проверяет результаты работы студентов, которые хранятся в файле. Во втором случае преподаватель проверяет результаты с другого компьютера, который связан с терминалами, на которых работали студенты, в локальную сеть. Существует так же возможность дистанционного обучения через Интернет, в этом случае студент, сдающий контрольную или экзамен, и проверяющий его работу преподаватель, могут находиться в разных городах или даже странах.

Естественно, что для организации такого технически сложного взаимодействия необходимо разработать соответствующее программное обеспечение, которое будет представлять собой обучающую программу (сюда входят электронные книги-учебники и виртуальные лабораторные работы), программа контроля знаний (тесты, контрольные работы, экзамены) и модули, дающие студентам возможность самопроверки, а преподавателю возможность следить за результатами обучения (специальные файлы со встроенной защитой, которые, зная код можно посмотреть как с компьютера на котором он был создан, так и дистанционно, по локальной сети или через Интернет).

Такие программы дистанционного обучения создаются сотрудниками ВУЗов: преподавателями, аспирантами, студентами, или же данную работу выполняют сторонние фирмы по заказу учебных заведений или министерства образования.

Разработана программа для дистанционного обучения студентов специальности «Автоматизированный электропривод и электротехнологии» по дисциплине Автоматизированный электропривод. Программа использует базу данных по асинхронным двигателям для расчета и наглядного построения механических характеристик, масштабирование по осям скольжения и момента производится автоматически. Некоторые параметры можно изменять, например величину питающего напряжения или сопротивление роторной цепи для двигателей с фазным ротором, при этом на графике отображается как искусственная, так и естественная характеристика. Полученные графики можно сохранить в графический файл и после использовать для оформления лабораторной работы. В программе есть раздел, где можно ознакомиться с теорией электропривода (раздел асинхронные двигатели). Так же имеется контрольная работа, результаты которой сохраняются в зашифрованный файл, зная пароль, преподаватель может ознакомиться с результатами теста.

## ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ПРИ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Медведев А. Н. студент гр. ЭТ-01  
Радченко Т.Б. д.т.н., профессор,  
Стальная М.И к.т.н., профессор

Подсчитано, что живое дерево вместе со стволом, ветвями, корнями, корой и листьями на 65—85% состоит из воды. Влага, доставляемая корнями из почвы, поддерживает жизнеспособность клеток растения. Но влага в природе нужна не только живому дереву, а и погибшему. Благодаря содержащейся в нем воде оно довольно быстро разрушается, превращаясь в естественное удобрение, необходимое живым растениям. Если бы этого не происходило, то многие леса земного шара были бы погребены под стволами и ветвями погибших деревьев.

Но вот древесина попадает в руки мастера-древодела, и содержащаяся в ней влага вместо положительной начинает играть отрицательную роль. Поверхность сырой древесины после точения, пиления и резания становится ворсистой и плохо поддается отделке. Ее очень трудно шлифовать, лаковые и красочные покрытия трескаются и осыпаются. После высыхания изделие коробится и покрывается глубокими трещинами. Они возникают в древесине из-за неравномерного высыхания различных ее слоев — верхние высыхают и уменьшаются в объеме гораздо быстрее, чем внутренние.

Еще в глубокой древности человек заметил, что древесина только после удаления влаги из легко разрушающегося сырья превращается в прочный и долговечный материал. Из него строили жилища, изготавливали орудия труда и различную хозяйственную утварь. И на данный момент дерево является одним из самых распространенных строительных материалов, дерево является материалом для изготовления мебели, музыкальных инструментов, окон дверей, отделочных материалов, высококачественной музыкальной аппаратуры и т.д.

Но как высушить древесину, чтобы в ней не образовывались трещины?

На протяжении многих веков разрабатывали народные мастера свои приемы сушки древесины, поражающие порой неожиданностью и остроумием. Деревья сушили прямо в лесу или во дворе под навесом, в отапливаемом помещении, в русской печке, в земле, стружках, в зерне, вываривали, вымачивали в воде... Применяя тот или иной способ сушки, мастера обязательно учитывали породу дерева, его строение, твердость, плотность и размеры заготовок. Подбирая подходящий материал для заготовок, они знали, что свилеватая древесина с перекрученными древесными слоями меньше подвергается растрескиванию, чем прямослойная. Им было известно, что участок ствола дерева, расположенный ближе к корню, так называемый комель, имеет более прочную древесину, меньше поддающуюся растрескиванию, чем вся остальная часть ствола. Древесное сырье сушили также с учетом условий, в которых будет находиться готовое изделие. Например, для столярных работ древесину сушили более тщательно, чем для строительных.

Как же сушат древесину, каким образом ее из сырья превращают в чудесный солнечный материал?

Атмосферная сушка или сушка на вольном воздухе, отличается простотой и доступностью, но дерево, расположенное под навесом, защищающим его от дождя и прямых солнечных лучей, сохнет очень медленно — от нескольких месяцев до нескольких лет. Летом древесина сохнет лучше, чем весной, осенью и зимой. Но если лето дождливое, она не только плохо сохнет, но может покрыться плесенью и даже загнить. При благоприятной погоде древесину можно высушить до воздушносухого состояния (12—18% влажности). Стволы деревьев мягких лиственных пород окоряют, то есть снимают с них кору, и укладывают на стеллажи. Иногда со стороны торцов оставляют полоски коры. Такие же кольца через равные промежутки оставляют в середине. Со стволов деревьев твердых пород, например яблони, клена, кору не снимают совсем. Чтобы древесина не растрескивалась из-за неравномерного высыхания, торцы стволов закрашивают или забеливают. Замазки, закрывающие поры древесины,

составляют из смеси олифы и извести-пушонки или древесной смолы и мела. При сушке не больших стволов торцы замазывают толстым слоем густой масляной краски.

Камерная сушка широко применяется на деревообрабатывающих предприятиях. В специальных сушильных камерах древесину обрабатывают перегретым паром и топочным газом. Высушенная в камерах древесина имеет комнатносухую влажность (8—12%) и идет на столярные, токарные и резные работы. От трех суток до недели требуется, чтобы высушить древесину мягких пород, например, сосну, липу или ель. От двух недель до месяца должна сохнуть в камере твердая древесина дуба, бука или вяза. Но и при камерной сушке появление трещин не исключено. Поэтому ученые постоянно ищут более совершенные и быстрые способы сушки древесины. В последние годы были созданы сушильные камеры, работающие на токах высокой частоты. В таких камерах между двумя латунными сетками-электродами помещается древесина. К электродам подается ток от высокочастотного генератора. В электрическом поле древесина сушится почти в 20 раз быстрее, чем в паровой камере. Таким способом сушат ценную древесину твердых пород.

В связи с высокой потребностью на рынке сухого дерева, неизбежно встал вопрос об увеличении производительности сушильных установок, и качества высушенной продукции.

Процесс сушки древесины заключается в удалении из нее влаги. Для ускорения процесса ее нагревают, поэтому возникает необходимость в соблюдении режимов сушки для получения качественного материала (исключения коробления, растрескивания, остаточных напряжений).

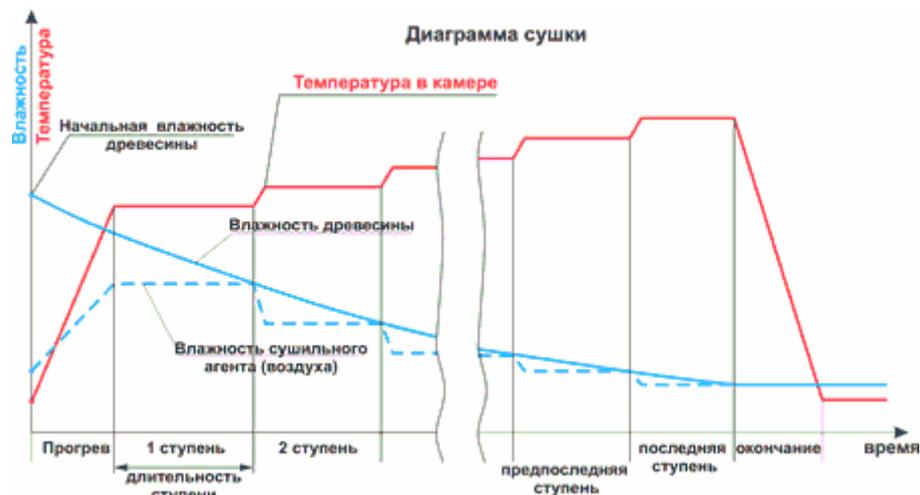


Рис.1 Теоретическая диаграмма ступенчатого процесса сушки в сушильной камере

Из вышеизложенного следует, что для сушки древесины необходимо оперативно управлять температурой и влажностью сушильного агента (воздуха) при соблюдении времени длительности ступени.

С точки зрения управления процессом сушки, сушильная камера состоит из:

1. Системы поддержания температуры сушильного агента ( $60-70^{\circ}\text{C}$  для 1-ой категории,  $75-85^{\circ}\text{C}$  для 2-ой категории);
2. Системы поддержания влажности сушильного агента (25 или 35%);
3. Системы контроля оборудования сушильной камеры.

Для эффективного управления процессом сушки необходимы системы, обеспечивающие поддержание заданного температурно-влажностного режима в сушильной камере путем подачи команд на исполнительные механизмы в зависимости от сигналов датчиков, которые воспринимают изменение параметров сушильного агента.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ТРАМВАЙНО-ТРОЛЛЕЙБУСНОГО ПАРКА

Милованов А.М., студент гр.ЭТ-01  
Радченко Т.Б. д.т.н., профессор

Развитие электротранспорта, в частности городского, на современном этапе является важной задачей. Трамвай является одним из основных видов городского электротранспорта, около половины пассажирских перевозок от общего объема пассажиропотока осуществляется трамвайными вагонами. К сожалению, на сегодняшний день практически весь парк трамвайных вагонов в РФ изношен на 50-80%. Старые вагоны производства Чехии и старая модель 71-605 от Усть-Катавского вагоностроительного завода – основной подвижной состав на городских маршрутах в РФ. Такие вагоны уже давно не отвечают даже тем требованиям, по которым они проектировались много десятилетий назад, не говоря о современных показателях качества, безопасности и дизайна. К тому же бедственное положение предприятий горэлектротранспорта не позволяет последним обновлять свои парки и радовать пассажиров, которые зимой в старых вагонах мерзнут, а летом задыхаются.

В связи с этим появилась острая необходимость создания принципиально нового трамвайного вагона, который удовлетворил бы потребности депо в замене подвижного состава. Такой вагон должен быть на высоком техническом уровне, полностью отвечать всем требованиям безопасности, иметь современный дизайн и, что не мало важно, быть доступным на внутрироссийском рынке.

Сегодня на территории РФ существует несколько заводов по производству трамвайных вагонов. Однако, подавляющее большинство таких предприятий недавно начало разработку своих трамваев, и поэтому эти заводы находятся либо в стадии проектирования вагонов, либо устраняют недоработки. А ФГУП «Усть-Катавский вагоностроительный завод» – предприятие с более чем полувековой историей российского трамваестроения, у которого сложились свои наработки и опыт. В настоящее время предприятие готово предложить новую модель трамвая, и вместе с тем ведет работы по модернизации тягового оборудования и системы управления с целью понижения расхода электроэнергии и повышению комфортабельности вагона.

Основными системами управления, нашедшими применение трамвайным вагоном, является релейно-контакторная система управления; также имеет место применение тиристорно-импульсной системы управления, но эти разработки не нашли широкого применения на практике. Принципиально новой является контакторно-транзисторная система управления. В настоящее время она является наиболее перспективной за счет применения транзисторных преобразователей, которые обладают рядом преимуществ, такими как быстродействие и высокая точность.

Наряду с вышеизложенным в разработках современных тяговых электроприводов трамвайных вагонов конкурируют следующие направления: электроприводы постоянного тока с двигателями последовательного и смешанного возбуждения с транзисторным или тиристорно-импульсным управлением по силовой цепи, асинхронный и вентильный частотно-регулируемый электроприводы, электроприводы на базе двигателей независимого возбуждения и транзисторных преобразователей с управлением по якорю и возбуждению. Для всех вариантов характерно использование тиристорного или транзисторного преобразователя большой мощности, что определяет высокую стоимость электрооборудования. Относительно дешевым является тиристорно-импульсный электропривод, ориентированный на двигатели, применяемые в релейно-контакторных приводах. Применение релейно-контакторных приводов на базе силовых и магнитных контроллеров обычно не рассматривается, поскольку известно, что релейно-контакторные схемы с реостатным пуском имеют низкую надежность и плохие энергетические показатели.

В то же время, традиционное использование в тяговых электроприводах двигателей последовательного и смешанного возбуждения не оправдано. Действительно, основные пре-

имущества таких двигателей связаны с повышением потока при увеличении тока якоря, но при снижении тока якоря (следовательно, потока) коэффициент использования двигателя падает. Если применять двигатели независимого возбуждения с системой регулирования тока возбуждения, то поток двигателя можно поддерживать на максимально необходимом уровне, обеспечивая максимум электромагнитного КПД двигателя при значительном (примерно в десять раз) снижении мощности управления. Основные работы по модернизации тягового двигателя в этом случае сводятся к замене катушек главных полюсов.

Отметим, что ресурс современных контакторов довольно высок (до 1 млн. срабатываний), пусковые потери при реостатном регулировании могут быть снижены за счет перегруппировки двигателей, срок службы релейно-контакторных систем можно увеличить при периодической ревизии и текущем ремонте, использование таких систем не требует повышения квалификации обслуживающего персонала, а стоимость силовых контакторов относительно тиристоров и транзисторов невелика.

Учитывая все вышесказанное, был разработан тяговый электропривод трамвайного вагона с использованием специализированных двигателей независимого возбуждения и контакторно - транзисторной системы управления (КТСУ), который впоследствии будет внедрен на ФГУП «Усть-Катавский вагоностроительный завод».

## ЭФФЕКТИВНЫЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОБЪЕКТАХ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Нагорный Д.А. аспирант,  
Маньковский С.А. аспирант,  
Первалов П.А. аспирант,  
Радченко М.В. д.т.н., профессор,  
Радченко В.Г., д.т.н., профессор

Условия эксплуатации деталей различных механизмов и машин зачастую характеризуются высокими механическими и тепловыми нагрузками, а также воздействием разных агрессивных сред. При этом состояние поверхностного слоя деталей машин является важнейшим фактором прочности, надежности и долговечности всего изделия или механизма в целом. Это объясняется тем, что разрушение конструкционного материала начинается обычно с его поверхности, а это приводит не только к потере необходимой прочности изделия, но и к ухудшению нормальной работоспособности из-за образования различных дефектов поверхности изделия, вследствие абразивного износа, воздействия активных сред и т. д. Особо остро проблема поверхностного износа проявляется в теплоэнергетике, где интенсивному абразивному износу подвергаются рабочие поверхности деталей котлов с кипящим слоем.

Данные проблемы износа рабочих поверхностей обуславливают необходимость развития различных способов поверхностного упрочнения, а также широкое использование этих способов как в машиностроении, так и при ремонте и восстановлении деталей механизмов и машин.

Следует отметить, что использование различных методов поверхностного упрочнения практически всегда экономически выгодно, поскольку позволяет производить детали из более дешевых материалов. При этом дорогостоящие материалы, обеспечивающие требуемые эксплуатационные характеристики, наносятся на поверхности деталей в виде тонкого защитного покрытия. Упрочнение поверхностного слоя деталей, позволяет повысить их ресурс в несколько, а нередко и в десятки раз, что также выгодно.

Использование тех или иных методов поверхностного упрочнения конструкционных материалов позволяет решать многие важнейшие технические задачи, хотя сама разработка и реализация данных технологических методов упрочнения представляет собой довольно сложную проблему, как в производстве, так и в науке. В каждом конкретном случае упрочнения поверхности какой-либо детали требуется детальный подход при выборе того или иного способа упрочнения или нанесения защитных покрытий.

Применительно к деталям котлов теплоэнергетических установок при ремонте и упрочнении рабочих поверхностей наиболее приемлемыми и экономически выгодными представляются газотермические способы нанесения защитных покрытий, поскольку данные способы наиболее прогрессивны, универсальны и эффективны. При продуманном инженерном выборе конкретного способа газотермического нанесения покрытий защитные покрытия обладают высокими качественными показателями физико-механических свойств и эксплуатационных характеристик, которые требуются от изделия в каждом конкретном случае, например прочность сцепления покрытия с защищаемой поверхностью ( $\sigma_{сц}$ ), плотностью ( $\rho$ ) и однородностью фазового и химического состава слоя, износостойкостью ( $\epsilon$ ). Исходя из характера внешнего воздействия на защищаемую поверхность, а также в зависимости от технологичности и экономической целесообразности выбирается способ нанесения защитных покрытий.

Рабочие поверхности деталей котлов подвергаются высокоскоростному абразивному износу при высоких температурах и окислительному воздействию воздуха с продуктами горения. Поэтому для защиты рабочих поверхностей деталей от данных факторов воздействия требуется жаропрочное износостойкое защитное покрытие, надежно изолирующее и защищающее основной металл деталей и вместе с тем обладающее высокой прочностью сцепления с основой. Из всего многообразия материалов для защитных покрытий комплексом требуемых свойств (жаропрочность, износостойкость, коррозионная стойкость, пластичность и др.) обладают покрытия на основе никеля, хрома и их комбинаций, а также некоторые композиционные материалы. При этом качество покрытия и прочность сцепления покрытия с основой, которая является одним из главных факторов, характеризующих надежность защитного покрытия, напрямую зависит от выбранного способа нанесения покрытия и от его параметров.

Способы газотермического напыления (ГТН) классифицируют по виду источника тепловой энергии (электрическая дуга, газовое пламя, плазма) и технологическим особенностям процесса. Существуют следующие виды газотермического нанесения покрытий: плазменное напыление, электродуговое напыление, газодетонационное напыление, газопламенное напыление.

*Плазменное напыление.* Метод плазменного напыления заключается в использовании плазменной струи для нанесения защитных покрытий. Источником энергии газотермического плазменного напыления является мощный дуговой разряд, через который пропускается рабочий газ (аргон, гелий, азот, воздух), превращаясь в плазму под действием температуры разряда. Частицы порошка напыляемого покрытия, либо проволока, смешиваются с плазмой и под давлением с помощью плазменного потока попадают на изделие. При плазменном способе получаемые покрытия обладают высокими качественными характеристиками: довольно высокой плотностью, низкой пористостью, и т. п. При этом адгезионная прочность покрытий достигает 80-100МПа.

Недостатками плазменного способа нанесения покрытий является дороговизна и сложность аппаратуры, трудность её мобильного использования. Так для работы плазменной установки требуется подвод газа, подвод воды для охлаждения плазмотрона, подвод высокого напряжения. Поэтому данный способ не всегда целесообразен, особенно при ремонтных работах, когда требуется мобильность и простота оборудования.

*Детонационное напыление.* Детонационное напыление позволяет наносить покрытия из самых разнообразных материалов на металлические и неметаллические изделия. Сущность процесса детонационного напыления заключается в использовании энергии детонационного сгорания газовых смесей для нагрева и сообщения высокой скорости (до 1000 м/с) частицам порошка наносимого материала. Нагрев и ускорение частиц осуществляется продуктами детонации. При этом взаимодействие напыляемых частиц с напыляемой поверхностью происходит при импульсном давлении, что обеспечивает высокое качество покрытий. Физико-механические и эксплуатационные характеристики детонационных покрытий (прочность, плотность, износ- и термостойкость) намного превышают характеристики покрытий, полученных любыми способами ГТН. К примеру, адгезионная прочность детонационных покрытий доходит до 160МПа [1].

К недостаткам данного способа относят высокий уровень шума при процессе напыления и низкую производительность процесса. При этом аппаратура для детонационного напыле-

ния сложна и громоздка, процесс напыления можно производить только в стационарных условиях в специальных камерах для детонационного напыления.

*Электродуговое напыление (металлизация).* Сущность способа электродугового напыления заключается в плавлении проволочного напыляемого металла под действием электрической дуги, капли которого с помощью струи воздуха выдуваются из металлизатора на защищаемую поверхность. Достоинства данного способа - его мобильная и переналаживаемая аппаратура, довольно высокая производительность процесса и низкие эксплуатационные затраты данного процесса.

Недостатками данного способа являются: перегрев и окисление вещества напыляемого материала, выгорание легирующих элементов, входящих в напыляемый сплав. Также не все покрытия, нанесенные способом дуговой металлизации, имеют высокие качественные характеристики. Значения адгезионной прочности покрытий не слишком высоки. Поэтому способ дуговой металлизации не всегда эффективен.

*Газопламенное напыление покрытий.* Способ газопламенного напыления заключается в нанесении проволочных или порошковых защитных покрытий путем плавления частиц напыляемого материала от тепла газового пламени и нанесении их на защищаемую поверхность с помощью струи газа или сжатого воздуха. Газопламенным напылением наносятся самые различные покрытия как защитные и износостойкие, так и декоративные. Аппаратура для газопламенного напыления очень проста, компактна и эргономична.

Несомненными достоинствами газопламенного нанесения покрытий являются: простота технологии нанесения покрытий, хорошее качество покрытий, высокая производительность и универсальность процесса напыления, а также компактность, дешевизна и высокая мобильность оборудования, что позволяет осуществлять процесс напыления, как в промышленных, так и в полевых условиях при ремонте и восстановлении.

Недостатками данного способа являются неудобство напыления мелких деталей и деталей со сложным рельефом поверхности и довольно высокая пористость покрытий (до 25%). Адгезионная прочность газопламенных покрытий в ряде случаев бывает недостаточной, хотя при хорошей подготовке поверхности и соблюдении всех параметров процесса её значения доходят до 35-45 МПа. Одной из причин такой относительно низкой прочности сцепления и высокой пористости покрытия является низкая скорость истечения газовой струи (порядка 350 м/с).

Следует отметить, что в последнее время в области процесса газопламенного напыления ввиду его удобства, простоты и универсальности наметились тенденции к модернизации данного способа. Появилась возможность увеличить качество защитного газопламенного покрытия путем использования эффекта сверхзвукового истечения газового потока из сопла газовой горелки (порядка 1300 м/с). При использовании сверхзвуковой струи адгезионная прочность покрытия возрастает вдвое и составляет 60-70 МПа, а пористость покрытия существенно уменьшается, достигая 1-3%. Получить сверхзвуковую струю можно, модернизировав конструкцию газовой горелки и значительно увеличив давление транспортирующего газа. Как правило, это решается с помощью компрессора и специального сопла горелки. При этом формируется высокоскоростной сверхзвуковой поток, струя которого придает находящимся в нем частицам покрытия высокий динамический заряд. При этом характер процесса образования покрытия имеет сходство с газодинамическим способом.

Таким образом, предварительный анализ технических устройств и технологий показал, что для создания высокоэффективных защитных покрытий на поверхности котлов с кипящим слоем, как и на иных аналогичных агрегатах теплоэнергетики, наиболее предпочтительным по экономическим и технологическим параметрам представляется способ сверхзвукового газопламенного напыления.

Литература

1. Поляк М.С. Технология упрочнения. М.:Машиностроение.-1995.-832.с.

## РАЗРАБОТКА САУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ СУШКИ ОВОЩЕЙ

Переверзев Д.А. студент гр. ЭТ-01,  
Радченко Т.Б. д.т.н., профессор,  
Стальная М.И к.т.н., профессор

Хранение сельскохозяйственных продуктов в зонах с умеренным климатом обусловлено естественной необходимостью обеспечивать пищей людей и кормом животных в зимние месяцы и снабжать земледельцев посевным материалом в период весенних полевых работ.

Лишь немногие сельскохозяйственные продукты (бобовые, семечковые плоды) можно хранить в том виде, в каком они были собраны. Все прочие продукты с целью защиты в процессе хранения от гибели необходимо подвергнуть консервирующей обработке. Наиболее старым способом консервирования является сушка на воздухе в естественных условиях. Еще и сегодня находит широкое распространение сушка зерна в валках и снопах, а также полевая сушка сена. Естественная сушка полностью зависит от погоды и поэтому ее можно проводить лишь в теплое время года.

Кроме сушки на воздухе в естественных условиях и квашения (например, капусты), для консервирования продуктов питания уже несколько тысячелетий применяют другие способы, которые и сегодня сохранили свое хозяйственное значение. Здесь следует особо сказать о копчении как комбинации химического и теплового консервирования и о его первоначальной стадии — сушке мяса и рыбы. Помимо квашения (в рассоле) и засахаривания, в последнее время для консервирования пищевых продуктов начали широко применять также и химические вещества.

Консервирование мяса и рыбы путем замораживания в естественных условиях, издавна известное среди народов Севера, сегодня используется в качестве одного из технических способов заготовки овощей, фруктов и других продуктов питания. Вакуумная сушка с одновременным замораживанием (сублимация) находит все большее применение в процессе консервирования ценных продуктов питания и специй.

Также в последнее время стали применять другие современные методы консервирования, основанные на использовании ультразвука и ультрафиолетового излучения. Сушка с помощью рентгеновского и радиоактивного излучения находятся в стадии разработки и в настоящее время не имеют существенного значения для практического применения.

С помощью естественной сушки в полной мере сохранить ценные питательные вещества в продуктах не удастся. В процессе сушки на воздухе в естественных условиях наблюдаются потери, связанные с окислительными процессами вследствие дыхания живых клеток растений и жизнедеятельности микроорганизмов. Кроме того, в период сушки, хранения и транспортирования продукты сушки теряются из-за осыпания и воздействия на них погодных условий.

Усилия, направленные на снижение воздействия погодных условий и на уменьшение потерь при сушке в естественных условиях, а также необходимость сушки свекловичной ботвы, жома и картофеля еще на рубеже XX в. привели к созданию первых сушильных установок сельскохозяйственного типа. Установки упростили процесс заготовки транспортабельных продуктов питания. Сушка в этих установках производилась непосредственно дымовыми газами или воздухом, подогретым с помощью пара или горячего органического теплоносителя.

Процесс сушки (обезвоживания) заключается в удалении влаги с продуктов, таким образом, препятствуя развитию микроорганизмов и бактерий, разрушающих наши продукты, путем циркуляции сухого теплого воздуха по продукту. Удаление влаги с продуктов самый простой, дешевый и самый ценный метод сохранения продуктов.

В настоящее время благодаря применению сушильных установок обеспечиваются следующие преимущества:

- уменьшаются потери, как самого продукта, так и его питательных веществ при одновременном сохранении других качественных характеристик, что особенно важно при производстве ценных продуктов питания, специй и заготовке лекарственного сырья;
- повышается полезный выход продукта с каждой единицы площади земельных угодий;

- обеспечивается быстрая и качественная механизированная уборка урожая в поле даже при плохих погодных условиях;
- достигается удобство управления потоком высушенных сельскохозяйственных продуктов и чистота при их транспортировании и хранении;
- снижаются требования к хранению высушенных продуктов;
- достигается сохранность скоропортящихся продуктов (абрикосы, яблоки).

Но здесь возникает проблема выбора наиболее рационального и эффективного метода сушки, то есть проблема качественной переработки сельскохозяйственной продукции.

Исходя из вышесказанного, можно с ясностью сказать, что изучение и развитие методов сушки сельскохозяйственной продукции является довольно актуальной задачей.

Одним из наиболее эффективных методов сушки является камерная сушка, где фрукты выкладываются на листах и сушатся за счет подогретого воздуха.

При работе на данной аппаратуре было установлено, что увеличение производительности данной установки, улучшение качества продукции возможно посредством создания системы автоматического управления сушильной установкой (САУ), которая должна обеспечивать поддержание постоянства процесса сушки (температуры и влажности), должна осуществлять регулировку процесса в соответствии с заданным режимом, свести до минимума участие человека в работе.

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТАЦИОНАРНЫХ СТАНЦИЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Самохоткин Ю.Н. студент гр. ЭТ-01,  
Стальная М.И. к.т.н., профессор,  
Радченко Т.Б. д.т.н., профессор

Системы сотовой связи, сочетая в себе широкие возможности обычной радио- и телефонной связи, стали жизненно необходимой основой для развития деловой активности людей, совершенствования системы управления государством и просто человеческого общения. Под системой сотовой связи следует понимать совокупность размещенных на местности базовых станций, связанных между собой и с сетями телефонной связи общего или ведомственного пользования и управляемых посредством специальных сетевых протоколов.

*Преимущества* сети подвижной связи (СПС) состоят в следующем: подвижная связь позволяет абоненту получать услуги связи в любой точке в пределах зон действия наземных или спутниковых сетей; благодаря прогрессу в технологии производства средств связи созданы малогабаритные универсальные абонентские терминалы (АТ), сопрягаемые с персональным компьютером (ПК) и имеющие интерфейсы для подключения к СПС всех действующих стандартов.

Сети подвижной связи можно разделить на следующие классы: сети сотовой подвижной связи (ССПС); сети транкинговой связи (СТС); сети персонального радиовызова (СПР); сети персональной спутниковой (мобильной) связи.

Сети подвижной связи созданы с целью максимального удовлетворения на современном мировом уровне потребностей абонентов в услугах связи с возможностью выхода в телефонную сеть общего пользования (ТфОП).

В эволюционном развитии ССС можно выделить три поколения: первое - аналоговые системы; второе - цифровые системы; третье - универсальные системы мобильной связи. Во всех аналоговых стандартах применяется частотная (ЧМ) или фазовая (ФМ) модуляция для передачи речи и частотная манипуляция для передачи информации управления. Цифровые ССПС по сравнению с аналоговыми системами предоставляют абонентам больший набор услуг и обеспечивают повышенное качество связи, а также взаимодействие с цифровыми сетями ISDN и пакетной передачи данных (PDN).

Способы повышения емкости в системах сотовой связи можно разделить на три группы:

1. *Совершенствование методов обработки сигналов* (в частности, переход от аналоговой обработки к цифровой), сопровождаемый переходом к более совершенным методам множественного доступа — от FDMA к ТОМА и к CDMA, а в пределах ТОМА - переход от полноскоростного кодирования речи к полускоростному.

2. *Дробление ячеек, т.е.* переход к меньшим ячейкам в районах с интенсивным трафиком при том же коэффициенте повторного использования частот; число БС при этом соответственно увеличивается, а мощность излучения (как для БС, так и для ПС) снижается. Тот же эффект достигается при использовании на БС секторных антенн, например с разделением ячейки на три сектора (при 120-градусных секторах) и использованием в каждом из секторов своей полосы частот. Практически ячейки с радиусом менее 300-500 м неудобны, так как чрезмерно возрастает поток передач обслуживания. Выход может быть найден в использовании многоуровневых (иерархических) схем построения сотовой сети с обслуживанием в крупных ячейках (макросотах) быстро перемещающихся абонентов (автомобилистов), а в более мелких (микросоты, пикосоты) - малоподвижных абонентов, например покупателей в пределах торгового центра.

3. *Использование адаптивного назначения каналов (АСА)* в методах доступа с частотным и временным разделением каналов (FDMA и ТОМА). При данном подходе частотные каналы (все или частично) находятся в оперативном распоряжении ЦК, который выделяет их для пользования отдельным ячейкам (БС) по мере поступления заявок (вызовов), т.е. в соответствии с реальной интенсивностью трафика, но при соблюдении необходимого территориально-частотного разнеса. Такой адаптивный алгоритм сложнее, но он может обеспечить как на ПС, так и в ЦК (или в центре аутентификации), и аутентификация считается закончившейся успешно, если оба результата совпадают.

Приемо-передающая аппаратура, к которой относятся и сотовые телефоны, на отдаленном расстоянии от передатчика работает хуже. Это происходит из-за ослабления радиоволн. В этом случае необходимо установить наружную антенну. Основное назначение внешней антенны — обеспечение качественной связи. Ее использование не только расширяет зону действия сотового телефона, но и препятствует как кратковременным перерывам в разговорах, так и полной потере связи. Есть еще один большой плюс — применение внешней антенны исключает облучение от работающего сотового телефона и негативное влияние на близлежащее электронное оборудование.

При установке антенны ее эффективность будет зависеть от правильного выбора места установки. В значительной степени место установки определяется конструкцией антенны. Существуют антенны, которые крепятся с помощью врезки, магнитные антенны и комбинированные антенны — с емкостной связью. Наилучшими характеристиками обладают врезные антенны. В некоторых случаях целесообразно установить усилитель (бустер). Его использование оправдано в местах с плохим покрытием — вдали от базовых станций или в местах со сложными для прохождения радиоволн условиями. Достоинством бустера является то, что он обычно усиливает и передаваемый сигнал, и принимаемый, что значительно расширяет зону уверенной работы телефона.

Данная тема является актуальной в настоящее время, поскольку идет бурное развитие электроники, люди нуждаются в качественной, скоростной связи. Разработка устройства, позволяющего расширить возможности сотовой связи в плане дальности действия, позволит решить многие проблемы, связанные с ухудшением качества связи. Те районы, где использование сотовой связи не возможно в полной мере, получают возможность быстрого, качественного обмена информацией. Причем для этого не будет необходимости применения излишнего оборудования, дополнительных экономических затрат и рабочей силы. Радиоволны заменят то звено, которое непосредственно участвует в передаче информации (кабель, преобразующие устройства). Это повысит надежность передачи, скорость, четкость.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ВОПРОСОВ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАБОЧИХ МЕСТ СЕРВИСНЫХ СЛУЖБ

Тырышкин Д.Г. студент гр. ЭТ-01  
Радченко Т.Б. д.т.н., профессор  
Стальная М.И. к.т.н., профессор,

Высокое качество и длительный срок службы бытовых приборов являются основными отличительными особенностями техники от ведущих производителей. Вместе с тем в процессе ее эксплуатации нельзя исключить возможность возникновения дефектов. Причиной тому может стать отказ техники вследствие ее неправильной эксплуатации, нарушение пользователем режимов работы оборудования, различные механические повреждения, выход оборудования из строя по иным причинам. В случае появления неисправности в Вашем бытовом приборе существует два пути решения этой проблемы: приобрести новую технику или отремонтировать старую. Не смотря на том, что современный рынок буквально завален бытовой техникой, купить ее имеет возможность не каждый, остается один выход – ремонт.

При этом главная проблема - проблема выбора. Где лучше отремонтировать свой сломанный видеомаягнитофон, к которому успел привыкнуть, приноровиться и, может быть, даже полюбить? Вне всякого сомнения, предпочтительно обращаться в профессиональные сервисные центры, а не к частникам или фирмам-однодневкам, которые расклеивают объявления на автобусных остановках, водосточных трубах или на дверях подъездов в жилых домах. Конечно, в таких листочках живописуются все мыслимые и немыслимые блага и преимущества, в том числе и гарантии на выполненный ремонт сроком до трех лет. Вопрос только в том, насколько такие обещания достоверны и подкреплены ли они реальными возможностями ремонтной организации. Это и послужило толчком к созданию профессионального авторизованного сервисного центра.

Затраты на сервисную службу обычно включают только прямые расходы на поддержание работы специалистов и содержание их рабочих мест. Но следует также учитывать, что неэффективная организация взаимодействия между пользователями и персоналом сервисной службы приводит к дополнительным скрытым затратам, возникающим, например, по причине дублирования работ, затягивания решения проблемы, нечеткого определения зон ответственности и т.д. Также следует учитывать негативное влияние и потери от уменьшения лояльности со стороны клиентов и пользователей к поставщикам услуг.

В этой связи, существует огромный потенциал для сокращения издержек, связанных с обслуживанием конечных пользователей, а также минимизации скрытых затрат. Так, ежегодные расходы по содержанию сервисной службы компании, в которой не стандартизована процедура получения и обработки заявок, могут быть сокращены на 36% и более, при этом качество работы заметно улучшается.

Экономия средств может быть достигнута с помощью создания автоматизированных рабочих мест (АРМ), которые систематизируют подход к процессу обслуживания конечных пользователей. АРМ сервисной службы по ремонту бытовой техники должно включать в себя персональный компьютер для обработки информации; оборудованный транспорт для доставки техники; полный спектр современных технических средств – приборов, инструментов, оборудования, специализированной оснастки – для обеспечения высокоэффективного и качественного ремонта техники; а также стенды для ремонта, контроля и диагностики новых и отремонтированных изделий.

Это позволит добиться следующим преимуществ:

- Возможность анализа повторяющихся проблем, устранения причин их возникновения
- Контроль над стоимостью обслуживания
- Уменьшение времени реакции на каждую заявку и, как следствие, увеличение возможностей сервисной службы без привлечения дополнительных ресурсов
- Увеличение максимального объема обрабатываемых заявок и количества обслуживаемых пользователей без привлечения дополнительного персонала

- Контроль выполнения работ по каждой поступившей заявке

Кроме того, проведение анализа неисправностей и методов их устранения, позволит создать запас частей и комплектующих, которые наиболее часто выходят из строя. Благодаря созданной базе данных, специалист с меньшим опытом, который никогда еще не встречался с подобной неисправностью, может легко и в доступной форме получить метод устранения поломки и местонахождения запасных частей, что позволит в более короткие сроки и с наименьшим усилием производить ремонт. Это, в свою очередь, приведет к значительной экономии времени ремонта и снижению его стоимости.

Доходы, получаемые от создания таких автоматизированных сервисных центров настоящее время практически стабильны, поскольку не зависят от сезона и других природных факторов, это является одной из причин выбора этой сферы бизнеса.

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИХ КАЧЕСТВО

Мошкина Т.А., аспирант,  
Радченко М.В., д.т.н., профессор,  
Радченко Т.Б., д.т.н., профессор

В настоящее время успешное решение проблем ресурсо- и энергосбережения для многих, как отечественных, так и зарубежных компаний, определяет рейтинг этих компаний в условиях жесткой конкурентной борьбы.

В этой связи особую актуальность приобретает мобильность в технологическом развитии, способность к прогнозу многих качественных и количественных характеристик выпускаемой продукции. В полной мере это относится к области разработки электротехнологических процессов создания многофункциональных защитных покрытий.

По указанным причинам технологии восстановления изношенных деталей развиваются и широко используются в России и во всех индустриально развитых странах, включая высокоразвитые: Германию, Японию, США.

Необходимо отметить, что существуют различные пути улучшения качественных показателей покрытий. Некоторые восстановительные технологии, в частности газотермическое напыление, как один из наиболее распространенных способов, позволяет получать покрытия с высокими физико-механическими свойствами, когда ресурс восстановленной детали увеличивается в 1,5-2 раза.

При разработке методик прогнозирования основных технологических параметров процессов создания защитных покрытий практически невозможно обойтись без методов математического моделирования. При этом необходимо учитывать основные функции покрытий, как определяющие конечные требования к качеству покрытий:

- защита от коррозии; защита от эрозионного изнашивания; защита от адгезионного изнашивания; защита от абразивного изнашивания; защита от вибрационного изнашивания; защита от высокотемпературного изнашивания.

Как известно, существует большое количество способов создания покрытий со специальными свойствами. Однако предварительный анализ показал, что независимо от того, о каком способе идет речь, в итоге оцениваются однотипные качественные, а часто и количественные характеристики покрытий.

К таким характеристикам относятся такие показатели как прочность сцепления, пористость, твердость, фазовый состав, толщина покрытия, коэффициент использования порошка при его напылении, шероховатость и другие.

В настоящей работе представлен математический программный продукт, разработанный на основе комплекса программ "MatLab", позволяющий выполнить первый этап прогнозирования физико-механических характеристик покрытий и их служебных свойств посредством анализа основных технологических процессов.

Данный программный продукт позволяет вносить в качестве исследуемых характеристик технологические, структурные параметры, а также качественные характеристики процесса. С помощью этого комплекса можно сохранить и загрузить данные. Кроме того, она имеет наглядный пример построения данных. По введенным данным можно построить трехмерную модель, а также построить линии уровня  $XY$ ,  $XZ$ ,  $YZ$ . Кроме того, можно выбрать скорость построения, которая в свою очередь оказывает влияние на качество построения, т.е. чем медленнее будет скорость построения, тем выше будет качество построенной модели. Данный комплекс рассчитывает регрессионное уравнение данной плоскости, а также позволяет выполнить оценку адекватности модели.

Таким образом, разработанный программный продукт может служить автоматизированным инструментом для прогнозирования технологий создания многофункциональных защитных покрытий, что в свою очередь является базисом для оптимизации различных процессов с точки зрения качества продукции и выбора наиболее конкурентной технологии.

## ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»

### ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ ПО ЛИНИЯМ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Анисимов А.Е., Захаров В.В., Уколова Н.В. – студенты гр. Э-91  
Попов А.Н. – к.т.н., ст. преподаватель

В настоящее время год от года, в связи с развитием систем электроснабжения, происходит все большее усложнение их структуры, возрастают требования к экономичности и надежности их работы в зависимости от структуры и характера потребителей. В последние годы отмечается постепенный рост числа потребителей, поэтому перед энергоснабжающими организациями стоит задача повышения гибкости и автоматизированности сетей. Кроме того, сегодняшний день требует широкого внедрения устройств управления распределением и потреблением электроэнергии на базе современной вычислительной техники. Одним из самых значимых шагов на пути к автоматизации электроэнергетических систем является развитие средств телемеханики.

Высокочастотная (ВЧ) связь по линиям электропередачи в настоящее время находит широкое применение на линиях напряжением 35 кВ и выше, в то же время практически отсутствует опыт её использования в сетях с меньшим напряжением. Сложность организации связи по линиям электроснабжения низкого напряжения заключается в том, что они изначально не предназначались для передачи информации. Данные линии характеризуются высоким уровнем шумов и сильным затуханием высокочастотного сигнала, а также тем, что коммуникационные параметры сети, постоянные для традиционных физических сред, существенно меняются во времени. Также специфической особенностью сетей низкого напряжения является их разветвлённая древовидная топология, что затрудняет согласование электрических параметров и отделение процессов передачи данных от собственно электроснабжения.

Несмотря на описанные трудности, ВЧ каналы связи должны обеспечивать связь на большие расстояния при высоком уровне помех, в очень узком и сильно загруженном диапазоне частот. В связи с этим, при проектировании систем связи по ЛЭП требуется учитывать большое число параметров, характеризующих состояние высокочастотного тракта. Можно выделить две группы измеряемых величин:

- характеристики и параметры цепей, к которым относятся сопротивление линии на частоте передачи и уровень затухания ВЧ сигнала;
- характеристики и параметры сигналов, главным из которых является уровень шумов в линии.

Другой особенностью является широкий диапазон измеряемых величин. Практически спектр измеряемых частот колеблется в диапазоне от 3 до 90 кГц, что соответствует диапазону отведенному для ВЧ связи в электроснабжающих организациях по ГОСТ Р 51317.3.8-99 (МЭК 61000-3-8-97). При измерении мощности оперируют величинами от  $10^{-17}$  Вт и меньше при измерении слабых сигналов до десятков ватт при измерении мощных помех, вызванных грозowymi возмущениями. Измерение напряжений производят от долей микровольта до десятков киловольт. Диапазон измерения полных (комплексных) сопротивлений лежит от холостого хода до короткого замыкания при величине активных сопротивлений в пределах  $10^{-6}$ – $10^{-12}$  Ом; малые и большие затухания от 0 до 150–200 дБ.

Многообразие требуемых к измерению при проектировании и эксплуатации физических величин, а также широкий диапазон, в котором могут находиться их значения, приводят к многообразию принципов, на которых базируется проектирование, и способов её построения.

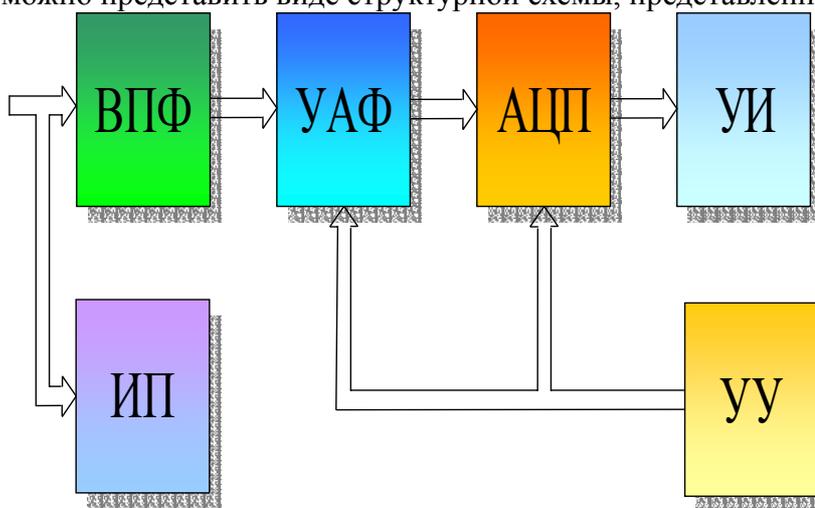
Перечисленные особенности измерений параметров ВЧ каналов связи определяют в значительной мере и требования к измерительным приборам.

Таким образом, для успешного внедрения и использования ВЧ связи в распределительных сетях, необходимо наличие специальных контрольно-измерительных средств, позволяющих производить диагностику ВЧ канала и его анализ.

Применение разрабатываемых средств позволит производить оптимальный выбор средств ВЧ связи и их характеристик, обеспечивающих требуемую надежность связи, в зависимости от значений вышеперечисленных характеристик ВЧ канала.

В соответствии с направлением научных исследований в области автоматизации и электрических сетей на кафедре "Электроснабжение промышленных предприятий" Алтайского государственного технического университета ведётся разработка и создание измерительного комплекса для определения параметров ВЧ каналов. Данный прибор предназначен для измерения шумов в разрешенном диапазоне частот для того, чтобы определить наиболее оптимальную частоту передачи сигнала, с наименьшими затуханиями и помехами.

Данный прибор можно представить в виде структурной схемы, представленной на рисунке 1.



ВПФ – входной пассивный фильтр; УАФ – управляемый активный фильтр;  
АЦП – аналогово-цифровой преобразователь; УИ – устройство индикации;  
УУ – устройство управления; ИП – источник питания

Рисунок 1

Входной пассивный фильтр обеспечивает подключение низковольтной радиоэлектронной аппаратуры устройства к высоковольтной сети 0,4 или 6-10 кВ.

Управляемый активный фильтр необходим для выделения сигнала в диапазоне частот, подвергающихся измерению.

Устройство управления необходимо для регулирования диапазона частот измеряемого сигнала и предела измерения его амплитуд.

Устройство индикации производит отображения результатов измерений в единицах и долях милливольт и представляет собой жидкостно-кристаллический индикатор на 3,5 разряда.

Источник питания преобразует сетевое напряжение переменного тока в ряд постоянных напряжений положительной и отрицательной полярностей, необходимых для питания всех компонентов измерительного комплекса.

Ядром описываемого в этой статье измерительного комплекса является блок аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), в основе которого лежит микросхема КР572ПВ5.

Данный прибор имеет следующие основные параметры, отличающие от ранее разработанных: малое энергопотребление порядка 20 ВА, расширенный диапазон частот измеряемых шумов от 3 до 90 кГц, возможность контроля затухания ВЧ сигнала в вышеуказанном диапазоне.

## ОБЗОР СПОСОБОВ КОММУТАЦИИ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ НА НИЗКИХ НАПРЯЖЕНИЯХ

Климов К.Н., Парфенов А.Н., Сафронова С.С. – студенты гр. Э-92  
Попов А.Н. – к.т.н., ст. преподаватель

Электронные ключи используются для коммутации электрических сигналов. В информационных маломощных устройствах их выполняют на полупроводниковых диодах, а также на биполярных и полевых транзисторах.

Аналоговые ключи обеспечивают подключение или отключение источников аналоговых информационных сигналов, имеющих произвольную форму напряжений. Причем характеристики измерительных устройств, в которых они используются, во многом зависят от качества передачи сигнала аналоговым ключом и помех в цепи, появляющихся при его коммутации.

При анализе работы ключей и их практическом использовании необходимо знать следующие параметры: быстродействие, характеризующее временем переключения ключа; пороговое напряжение, в окрестностях которого сопротивление ключа резко меняется; чувствительность; помехоустойчивость, характеризующую чувствительностью ЭК к воздействиям импульсов помехи; падение напряжения на ключе в открытом состоянии и токи утечек в закрытом; сопротивление ключа в открытом и закрытом состояниях.

При рассмотрении свойств диодных электрических ключей было выявлено, напряжения и токи в цепи устанавливаются не мгновенно, а в течение промежутка времени, значение которого зависит от параметров диода и его режимов работы.

При анализе способов коммутации аналоговых сигналов с помощью биполярных транзисторов выявлено, что одним из недостатков биполярного транзистора с точки зрения применения его в аналоговых ключах является то, что выходные характеристики не проходят через начало координат. Кроме того схемы на основе биполярных транзисторов очень громоздки, сложны в исполнении и поэтому довольно дороги.

Анализ существующих ключей на полевом транзисторе показал, что полевые транзисторы потребляют очень малый ток управления, однако этот ток увеличивается при увеличении частоты переключения. Большое входное сопротивление ключей на полевых транзисторах фактически обеспечивает гальваническую развязку входных и выходных цепей. Это позволяет обойтись без трансформаторов в цепях управления. Ключи на полевых транзисторах часто менее быстродействующие в сравнении с ключами на биполярных транзисторах.

В каждом из двух установившихся режимов, то есть и в открытом, и в закрытом состоянии, ключ практически не потребляет ток от источника питания. Это первое важное достоинство комплементарного ключа. Вторым важным достоинством комплементарного ключа является резкое отличие выходного напряжения в открытом состоянии ключа (единицы микровольт и менее) и выходного напряжения в закрытом состоянии (это напряжение меньше напряжения питания всего лишь на единицы микровольт и менее). Это обеспечивает высокую помехоустойчивость цифровых схем на комплементарных ключах. Третьим важным достоинством комплементарного ключа является его повышенное быстродействие. Оно может быть на порядок больше, чем у двух других ранее изученных ключей на полевых транзисторах.

Основываясь на результатах исследований и технико-экономического сравнения вариантов был, сделан вывод о том, что для осуществления коммутации аналоговых сигналов низкого напряжения наиболее рациональным является использование ключей на полевых транзисторах.

В данной работе впервые предложен и обоснован способ применения коммутаторов на комплементарных транзисторах для коммутации слаботочных аналоговых сигналов. Этот способ был апробирован на практике при создании лабораторного стенда для проведения лабораторных работ в курсе «Электромагнитные переходные процессы» на кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ.

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ПРОЕКТИРУЕМЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ТМНПН-400/3

Данилов А.А. – студент гр. Э-01  
Попов А.Н. – к.т.н., ст. преподаватель

При проектировании трансформатора типа ТМНПН-400/3 решались следующие основные задачи, определяемые областью его применения для питания электродвигателей погружных насосов, используемых в нефтедобыче:

- увеличение числа ступеней регулирования, для обеспечения необходимой настройки напряжения, подаваемого на зажимы питаемого от трансформатора электродвигателя;
- обеспечение электродинамической стойкости трансформатора за счет выполнения обмотки и магнитопровода таким образом, чтобы катушки не могли перемещаться и деформироваться;
- изменение конструкции с учетом требований ПУЭ, ПЭЭП и климатических условий.

Число ступеней регулирования решено увеличить до 25. Однако данное изменение не позволяет применить стандартное переключающее устройство реечного типа, так как габариты бака ограничиваются длиной магнитопровода и изоляционными расстояниями до стенок бака. Стандартное переключающее устройство на 5 ответвлений по длине практически совпадает с длиной магнитопровода.

Решить данную проблему удалось при помощи деления ответвлений на ответвления грубой регулировки и точной регулировки (рисунок 1). Технически это выполняется следующим образом: во время намотки шесть первых ответвлений делают через пять рассчитанных. Эти отводы соединяются с первым переключающим устройством для обеспечения грубой регулировки. Следующие шесть через одно рассчитанное ответвление. Соединяются со вторым переключающим устройством для осуществления плавной регулировки. Набор необходимого напряжения на выводах ВН производится двумя ручками переключателей, расположенными на крышке бака.

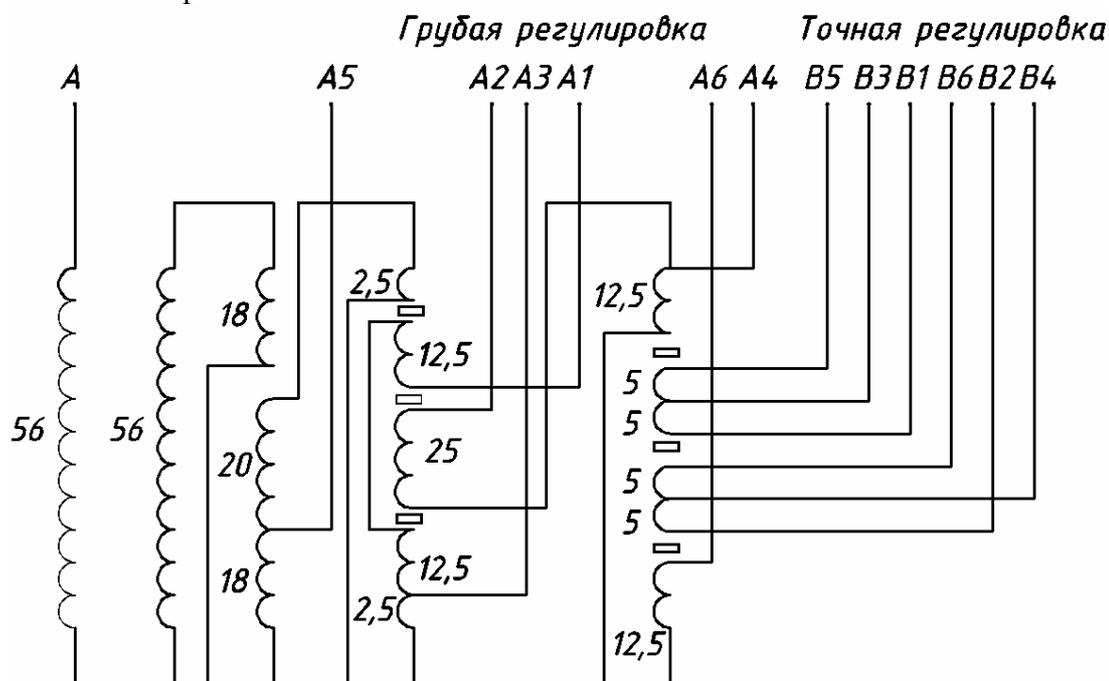


Рисунок 1 – Схема намотки и размещения регулировочных ответвлений обмотки высокого напряжения

Данное изменение позволяет не только вписаться в габариты бака при незначительном увеличении его высоты и уменьшить число отводов с 25 до 12, но и частично решить вторую задачу, то есть обеспечить дополнительную электродинамическую стойкость обмотки за счет применения симметричной намотки.

## РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВ ПО КУРСУ «ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ»

Задворная Ю.В., Козлова Е.Н., Цыганков Р.А. – студенты гр. 9Э-81  
Гутов И.А. – к.т.н., доцент

В настоящее время в связи с реформой высшего образования России повышаются требования к учебному процессу, его материально-техническому и учебно-методическому обеспечению. В соответствии с политикой в области качества образования, принятой Алтайским государственным техническим университетом им. И.И. Ползунова, необходимо большое внимание уделять ко всем составляющим процесса образования. В соответствии с данной политикой необходимо постоянно совершенствовать образовательный процесс путем: использования новых образовательных технологий; улучшения учебно-методического, материально-технического и информационного обеспечения учебного процесса; совершенствования воспитательной работы в коллективе вуза; укрепления связей учебного процесса с наукой и производством. Поэтому особенно актуальными становятся задачи разработки эффективных методов и технологий обучения, создания и применения соответствующих технических средств для их реализации и ведения научной и учебно-методической работы.

В высших учебных заведениях важную роль при изучении технических дисциплин занимает проведение лабораторных практикумов. Специфика некоторых технических курсов такова, что выполнение лабораторных работ необходимо для проведения полноценного учебного процесса.

Обеспечение материально-технической базы для проведения лабораторных работ может быть в виде лабораторных стендов, либо в виде пакета прикладных программ для персональных компьютеров. Как в том, так и в другом варианте существуют свои положительные и отрицательные моменты. Достоинствами лабораторных стендов является: получение студентами навыков самостоятельной экспериментальной работы; приобретение в процессе проведения лабораторных работ умений и практических навыков работы с оборудованием и измерительными приборами; наглядность проведенных экспериментов и опытов.

Дисциплина «Передача и распределение электрической энергии» является обязательной для студентов специальности «Электроснабжение (по отраслям)». Проведение лабораторных работ по данной дисциплине занимает четверть всего отведенного учебного времени для данного курса, что говорит о значимости и влиянии на учебный процесс выполнение лабораторных работ. Следовательно, вопрос разработки лабораторных стендов по данной дисциплине является актуальным и востребован в программе высшего учебного заведения. На кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» были спроектированы и выполнены лабораторные стенды для указанной выше дисциплины.

К разрабатываемому стенду, как и к любому лабораторному оборудованию, предъявляется ряд требований. В настоящее время руководствуются следующими принципами проектирования лабораторного оборудования:

- универсальность – способность многофункционального использования разрабатываемого оборудования;
- наглядность – возможность произведения оценки результатов испытания в наглядной и легкоусвояемой форме преподнесения информации;
- компактность – размеры проектируемого оборудования также имеют значение при оптимальном размещении в аудитории и возможной транспортировкой;
- надежность – способность стенда производить как можно большее безотказное число манипуляций в момент времени и максимальным временным промежутком между отказами оборудования;
- удобство эксплуатации – стенд должен быть удобен при эксплуатации и проведении ремонтных работ;
- современность, эстетичность – разрабатываемое оборудование должно отвечать современным представлениям об измерительной технике и решать актуальные поставленные задачи;

- экономичность – имеется в виду, как высокое соотношение параметров цена - качество, так и экономичность режима работы стенда;
- безопасность – должна быть обеспечена безопасность жизнедеятельности студентов и обслуживающего персонала при работе с оборудованием.

Разработанный стенд в полной мере соответствует перечисленным требованиям. А также проведенный технико-экономический расчет подтверждает целесообразность разрабатываемого стенда и его выгодность по отношению к уже существующему, подобному оборудованию.

Лабораторный стенд представляет собой прямоугольный корпус, внутри которого размещены элементы схемы. Стенд содержит источник питания, две панели с набором активных, индуктивных и емкостных элементов, что позволяет смоделировать режим работы одной фазы электрической системы.

Источник питания стенда изготовлен на полупроводниковых элементах и интегральных микросхемах, имеет автоматическую защиту от случайных и преднамеренных перегрузок и коротких замыканий, оснащен выносным пультом управления. Для источника питания принята частота 400 Гц, поскольку это позволило уменьшить габаритные размеры элементов панели стенда и использовать для проведения измерений существующие комбинированные приборы К505 или мультиметр и ваттметр.

На панелях стенда представлена модель электрической системы, состоящая из одноцепной линии электропередачи, трансформатора, блока продольной компенсации, блока поперечной компенсации и комплексной нагрузки. Выведенные на панель тумблеры позволяют отключить поперечную цепочку от продольной. Нагрузка моделируется комплексным сопротивлением, состоящей из набора сопротивлений ПВЭР и катушек индуктивности.

Структурная схема стенда изображена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Функциональная структурная схема стенда

На данном стенде можно выполнить следующие лабораторные работы:

- лабораторная работа №1 «Моделирование элементов электрических систем», ее цель заключается в моделировании элементов электрических систем и приобретении навыков расчета параметров их схем замещения;
- лабораторная работа №2 «Выявление закономерностей изменения потерь мощности и напряжения в сети», цель данной работы состоит в анализе зависимостей потерь мощности и напряжения от параметров сети и изучение методов электрического расчета разомкнутой сети;

- лабораторная работа №3 «Выявление влияния ёмкостных элементов на потери мощности и напряжения в сети», цель этой работы состоит в выявлении зависимости потерь в сети от количества и параметров ёмкостных элементов.

После моделирования необходимых схем электрических сетей студентам необходимо произвести требуемые измерения искомых параметров, вычислить по представленным формулам расчетные величины и оформить отчет по лабораторной работе, который необходимо защитить.

Отчет содержит следующие разделы:

- тема и цель лабораторной работы;
- принципиальные схемы и схемы замещения моделируемых электрических сетей;
- таблицы с экспериментальными и расчетными данными;
- графики зависимости, выявленные в ходе проведения лабораторной работы;
- выводы, сделанные после анализа полученных данных и построенных графиков зависимостей.

Выполненный стенд удовлетворяет современным требованиям к разрабатываемому оборудованию и может использоваться при изучении курса «Передача и распределение электрической энергии» в высших и среднетехнических учебных заведениях.

#### РАЗРАБОТКА ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНАМ «ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ» И «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ»

Карачёв А.С. – студент гр. Э-91

Гутов И.А. – к.т.н., доцент

В связи с внедрением новых форм и методов обучения в высших учебных заведениях России, в частности дистанционного обучения в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова (АлтГТУ), актуальными становятся задачи разработки и внедрения автоматизированных систем, предназначенных для дистанционного обучения, тестирования и аттестации обучаемых, и электронных учебно-методических и тестирующих материалов особенно для специальных дисциплин. Например, на кафедре «Электроснабжения промышленных предприятий» для специальности 100400 «Электроснабжение (по отраслям)» ведутся учебно-методические разработки в плане создания банка тестовых заданий по специальным дисциплинам «Передача и распределение электрической энергии» и «Электрические сети».

Важнейшей задачей современной высшей школы следует считать подготовку специалистов, умело сочетающих знания специальности с широким использованием методов математического моделирования, технических и программных средств. Одним из основных направлений совершенствования учебного процесса является внедрение новых технологий обучения на основе компьютеризации.

В рамках образовательной программы АлтГТУ предусмотрено ознакомление студентов с современными техническими средствами и технологиями производства, в частности с повсеместной компьютеризацией производства. В университете созданы специальные лаборатории, позволяющие студентам наглядно знакомиться с технологиями производства, не выходя из стен университета, созданы дисплейные классы, позволяющие студентам знакомиться с современным программным обеспечением, с пакетами прикладных программ, а также самостоятельно заниматься разработкой новых и совершенствованием уже существующих программ.

Дистанционное образование с использованием Internet технологий является неотъемлемой частью современной системы образования не только в России, но и за рубежом.

На кафедре «Прикладной математики» АлтГТУ разработана автоматизированная система AQUA 2.0 для организации и управления дистанционным образованием, представляющая

собой программную среду и предназначенная для дистанционного обучения, тестирования и аттестации обучаемых в режиме удаленного доступа с использованием Internet технологий.

Для выявления факта усвоения знаний на каждом уровне используются специальные проверочные инструменты – тесты. С помощью тестов однозначно выявляется уровень усвоения информации и деятельности испытуемого, а значит, и его мастерство.

Тест – стандартизированное, часто ограниченное во времени испытание, предназначенное для установления количественных и качественных индивидуально-психологических различий.

Мировой и отечественный опыт свидетельствует об эффективности применения педагогических тестов для подготовки и аттестации специалистов в различных областях знаний и сферах деятельности. Тесты используются для самообучения и самоконтроля, позволяют получить достаточно объективную оценку уровня знаний, умений, выявить пробелы в обучении.

В вузах и других учебных заведениях педагогические тесты используются для вступительных испытаний, текущего контроля знаний, приема семестровых зачетов и экзаменов (входной, промежуточной, итоговой аттестации). При дистанционном обучении широко применяются компьютерные технологии тестирования.

Систематическое использование компьютерных технологий обучения в учебном процессе вуза дает возможность проводить оценку качества подготовки и дифференциацию знаний студентов на всех этапах обучения.

Применение педагогических тестов даёт возможность:

- сократить время на опрос студентов в процессе текущего и итогового контроля знаний и использовать его более продуктивно на сообщение новой информации;
- объективно оценить знания и быстро информировать о результатах тестирования;
- существенно упростить процедуру приёма в вузы, минимизировать ошибки, значительно снизить психическую напряжённость у абитуриентов и их родителей;
- оценить, помимо знаний, способности к обучению;
- оперативно обнаружить трудности, связанные с процессом обучения;
- широко применять технические устройства, ЭВМ и тем самым существенно повысить эффективность труда педагогов.

Разработанные тестовые задания предназначены для проведения текущего и итогового контроля знаний в форме компьютерного тестирования на кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ им. И.И. Ползунова при изучении дисциплин «Передача и распределение электрической энергии» и «Электрические сети». Они позволяют осуществлять индивидуальный контроль знаний, регулярность его проведения, полную, объективную проверку знания учебного материала. Экзамен по дисциплинам «Передача и распределение электрической энергии» и «Электрические сети» в форме компьютерного тестирования позволяет проверить знания по большинству вопросов дисциплин, обеспечивает достаточно высокую надежность оценки знаний, освобождает преподавателей от трудоемкой проверки письменных работ.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ-ЭЛЕКТРИКОВ

Матейс А.С., Фролова Н.С. – студенты гр. 5Э-91  
Гутов И.А. – к.т.н., доцент

Современный деловой мир и население промышленно развитых стран насыщен компьютерным и электронным оборудованием. В связи с этим повышаются требования к знаниям и умениям в области информатики и информационных технологий. Учебный процесс должен учитывать указанные современные тенденции. Нужно искать новые пути, подходы, способы изучения дисциплин. Развитие – это ключевая позиция при разработке содержания, форм и

методов деятельно-личностного образовательного процесса, направленного на устойчивое саморазвитие творческой личности будущего специалиста.

Внедрение прогрессивных технологий и средств в учебный процесс становится особенно актуальным в период реформы образования. Будущий инженер-электрик должен владеть основами информационных технологий, которые нашли широкое применение в области электроэнергетики. Например, при обучении и подготовке электротехнического обслуживающего персонала используются: обучающие программы и программы по моделированию реальных технологических процессов производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии для персонального компьютера (ПК).

Использование автоматизированных систем контроля и управления энергетическими объектами выдвигает целый комплекс новых задач. Возникает острая потребность в инженерно-техническом персонале, который может подготовить квалифицированный обслуживающий персонал, способный не только выполнять набор базовых действий, но и принимать ответственные решения, досконально знать и уметь использовать все заложенные в современной технике возможности.

Из существующих форм обучения наиболее эффективным является индивидуальный подход, позволяющий подготовить специалиста высокого уровня. Одним из направлений индивидуального подхода является применение ПК и специализированного программного обеспечения, а именно: обучающих программ, электронных учебно-методических пособий и тестирующих программ. В процессе обучения ПК может использоваться в качестве:

- тренажера;
- репетитора, выполняющего определенные функции за преподавателя;
- устройства, моделирующего определенные предметные ситуации (имитационное моделирование).

На кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» (ЭПП) АлтГТУ им. И.И. Ползунова разрабатываются и внедряются в учебный процесс обучающие программы по специальным дисциплинам. В частности, студентами под руководством преподавателей разрабатываются электронные учебно-методические и тестирующие материалы по дисциплинам: «Современные технологии обработки информации», «Передача и распределение электрической энергии» и «Электрические сети».

Большое значение для объективной оценки эффективности проведенного занятия имеет правильная разработка теста. Тест, по сути, является измерительным прибором, который позволяет определить степень усвоения учебного материала слушателем. Он же позволяет достаточно объективно оценить уровень освоения теоретических знаний. Преимущество тестирования – объективность, т.е. независимость проверки и оценки знаний обучаемых от преподавателя, от личностных качеств слушателя, «измерение признаков облученности», проводимое в одинаковых условиях. В отличие от экзаменационных билетов, в которых всего 2 - 5 вопросов, в тест, как правило, включены 10 - 20 вопросов, которые охватывают практически полностью учебный материал занятия. В тест можно включить список вопросов и ряд ответов на них. Нужно выбрать один или несколько из предложенных (правильных) ответов, или же выбрать и расположить в строго определенной последовательности предложенные ответы (например, написать последовательность включения оборудования в работу). Разработать единую систему присвоения баллов (процентов) с учетом вариантов заданий теста, т.е. выбор одного правильного из предложенных ответов, выбор нескольких правильных из предложенных ответов, выбор правильной, строго определенной последовательности ответов из предложенных. Для удобства пользования все данные сводятся в таблицу, позволяющую преподавателю не производить никаких расчетов, а выбирать из нее уже готовые значения баллов (в процентах) в зависимости от вида задания, числа ответов в задании и числа правильных ответов в нем. Присвоение каждому ответу теста определенного «веса», выраженного в процентах, обеспечило автоматизацию обработки результатов теста обучаемых с помощью ПК.

В настоящее время на предприятиях существуют программы по обучению персонала и тесты по проверке знаний. Одной из наиболее актуальной задач является разработка и реали-

зация современных методов подготовки и тренировки персонала, как принимающего решения, так и обслуживающего любые человеко-машинные системы, поскольку от этого в большой степени зависят надежность и экологическая безопасность различных технологических объектов и управляющих ими людей. Тренажер по оперативным переключениям для персонала энергетических объектов представляет собой готовый комплекс программ для персонального компьютера, который можно использовать для первоначального обучения, для самоподготовки, для собеседования при приеме на работу и аттестации оперативного персонала различного уровня. Суть тренинга состоит в том, что обучаемый должен воспроизвести определенную последовательность действий при переключениях в электрической части энергообъекта в условиях нормальной работы или при аварийной ситуации на схемах энергообъектов, подобных тем, которые он обслуживает на своем рабочем месте. При тренировке обучаемый может иметь дело с информацией, представленной в виде электрических схем, графических изображений, текстовых данных, элементов мультимедиа. Графический интерфейс программы ориентирован на то, что основной формой представления информации будут электрические схемы [1].

В рамках реформирования РАО «ЕЭС России» в 2003 году была разработана АИС РИСО (Автоматизированная Информационная Система – Расширенная Инвентаризация Сетевых Объектов) средствами Access/97/2000/2002, для формирования базы данных электросетевого имущества АО-энерго. АИС РИСО позволяет осуществлять ввод, систематизацию, хранение, поиск, обработку, отображение информации по объектам энергетики. В базе данных содержатся данные инвентаризационной ведомости бухгалтерского учета; принадлежность основного объекта и его составляющих к производственно-технологическому комплексу; группе реквизитов, содержащую информацию о праве собственности; технические данные, отражающие индивидуальные характеристики объекта; экспертной состояние объектов; управленческую информацию и другие параметры [2].

Современные интегрированные системы управления энергообъектом организуются на базе микропроцессорной техники, централизованной системы управления, основываются на единой информационной базе и реализуют функции диагностирования, измерения, контроля, оперативного и автоматического управления: сбор, обработку, отображение и документирование оперативной информации, контроль параметров на предмет выхода их значений за установленные пределы, а также диагностирование и контроль исправности различных устройств и основного оборудования; передачу информации на верхние уровни управления; выполнения простых вычислений, потребность в которых возникает в процессе эксплуатации; автоматического управления элементами энергообъекта в нормальных и аварийных режимах. Например, основу любой системы управления, в том числе и диспетчерской, составляют информационные процессы, связанные с первичным преобразованием, сбором, предварительной обработкой информации, ее передачей, хранением обработкой, распределением, отображением, регистрацией, считываем и исполнением команд управления.

Поэтапное изменение образовательной системы, его оптимизация с развитием компьютерных технологий не сводятся к массовому производству компьютеров и встраиванию их в существующий учебный процесс. Изменение средства обучения, как, впрочем, и изменения в любом звене дидактической системы, неизбежно приводят к перестройке всей этой системы. Использование вычислительной техники расширяет возможности человека, однако оно является лишь инструментом, орудием решения задач, и его применение не должно превращаться в формальное мероприятие.

Таким образом, информационные технологии нашли широкое применение в области электроэнергетики. В настоящее время одной из задач информатизации образовательного процесса в высших учебных заведениях и на производстве при подготовке электротехнического, инженерно-технического и обслуживающего персонала является разработка и внедрение обучающих программ, электронных учебно-методических разработок и тестирования на ПК.

В рамках данной научной учебно-методической работы разрабатываются электронное учебное пособие и тестирующие материалы по курсу «Современные технологии обработки

информации». В данном учебном пособии в частности рассматриваются вопросы использования информационных технологий в электроэнергетике, а также в учебном процессе при подготовке инженеров-электриков в высших учебных заведениях и электротехнического персонала на производстве, приведен обзор соответствующего программного обеспечения.

#### Литература

1. Методические рекомендации на программный продукт «Тренажер по оперативным переключениям для персонала энергетических объектов» - М.: Модус, 2000.

2. Методические рекомендации по формированию единой базы данных электросетевого имущества ДЗО ОАО РАО «ЕЭС России» - М.: ОАО «ГВЦ Энергетик», Департамент управления собственностью ОАО «ФСК ЕЭС», Консорциум по оценке активов ОАО РАО «ЕЭС России», 2003.

## РАЗРАБОТКА ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ С ЭЛЕМЕНТАМИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Котугин Е.А., Урвачев С.А. – студенты гр. Э-12  
Гутов И.А. – к.т.н., доцент

В настоящее время актуальна задача внедрение в образовательный процесс современных информационных технологий. В процессе обучения студентов ВУЗов используются интерактивные обучающие программы, электронные базы данных, тестовые программы для контроля знаний, вычислительные системы и комплексы на базе современных ЭВМ. Все это ускоряет переход на новый уровень образования, влияет на повышение качества образовательного процесса и позволяет студентам овладеть современными технологиями автоматизации различного рода процессов.

Работа со сложными техническими системами электроэнергетики требует высококвалифицированного инженерно-технического персонала. Поэтому необходимы эффективные методы и технологии подготовки и обучения будущих специалистов, проектирующих, обслуживающих и эксплуатирующих электроэнергетические системы.

При подготовке специалистов по электроснабжению промышленных предприятий применяются различные формы проведения лабораторно-практических занятий с использованием лабораторных стендов и комплексов, методической литературы и современного программного обеспечения для ЭВМ, позволяющего моделировать любые сложные процессы в области электроэнергетики, а так же автоматизировать типовые расчеты при проектировании электрических систем и сетей.

На современном этапе при проектировании электрических сетей большое значение имеет качество и быстрота выполнения проектных работ, строгое выполнение технических и экономических требований, предъявляемых к электрическим сетям и их режимам работы. Это имеет большое значение, поскольку в настоящее время одной из основных проблем является энергосбережение. Потери электроэнергии необходимо рассчитывать при различных режимах работы электрической сети, учитывая не только средние значения параметров работы электрических сетей, которые носят сложный вероятностный характер, но и фактические данные эксплуатации.

Моделировать процессы, происходящие в электрической сети, без применения экономически затратного и громоздкого оборудования, требующего специальных лабораторий, можно используя методы математического моделирования и программные средства на ЭВМ. Обладая этими средствами можно исследовать любые процессы, происходящие в электрической сети. В связи с этим возникает потребность в разработке соответствующего программного обеспечения, в частности для использования в учебном процессе при подготовке инженеров-электриков. Необходим такой комплекс программных средств, с помощью которого студент смог овладеть обширным теоретическим материалом, моделировать технологические процессы, автоматизировать проектирование электрических сетей.

На кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ им. И.И. Ползунова разрабатывается соответствующее программное обеспечение (ПО) по моделированию и автоматизации расчетов установившихся режимов работы электрических сетей. Данное ПО позволяет автоматизировать типовые расчеты, при этом больше внимания и времени уделять вопросам выбора рациональных вариантов исполнения электрической сети, обеспечению качества электроэнергии в электрических сетях внешнего электроснабжения и обоснования экономически целесообразных условий работы электрических систем и сетей. Программы способны реализовать построение модели электрической сети со всеми необходимыми расчетами. Происходит генерирование исходных данных, которые затем в соответствии с рассматриваемыми режимами работы обрабатываются и выдаются пользователю для дальнейшего анализа рассматриваемого режима работы сети.

Программы предоставляют справочный и иллюстрированный теоретический материал, комплекс лабораторных практикумов и тестов самоконтроля. Теоретический материал представлен в удобной для пользователя форме с детальной демонстрацией основных деталей конструкции воздушных и кабельных линий электропередачи.

Лабораторный практикум представляет собой лабораторные работы по моделированию элементов электрических систем, исследованию режимов работы электрической сети, показателей качества электрической энергии по напряжению, режимов компенсации реактивной мощности в электрической сети. Основной целью данного лабораторного практикума ставится получение студентами теоретических знаний и практических навыков по расчету параметров схем замещения элементов электрической сети, потерь напряжения, мощности и электроэнергии. Немаловажную роль при этом имеет умение студентов правильно понять и анализировать по этим данным оптимальную работу сети, дальнейшее проектирование и эксплуатацию.

Исходными данными для расчета служат: схема электрических соединений сети; мощности нагрузок электрической сети; величины напряжений источника питания; параметры схемы замещения элементов сети (линий электропередачи, трансформаторов).

В программе производится моделирование электрических нагрузок, расчет режимов работы разомкнутых электрических сетей.

Результатом расчета является определение потоков мощности на участках сети с учетом потерь мощности и напряжений в узлах сети с учетом потерь напряжения в различных установившихся режимах работы. Эти данные необходимы для выбора электрооборудования, решения вопросов качества электроэнергии и оптимизации режимов работы и выбора способов повышающих экономичность работы электрической сети. Вывод результатов расчета производится в табличной форме.

Разработанные программы предлагают простой и удобный стандартный интерфейс, который предусматривает диалоговый режим работы и контекстную помощь, использование меню. Пользователю представляется не только текстовая, но и графическая информация.

Данные программы реализованы на персональной ЭВМ в операционной системе MS Windows. Для создания программного продукта использовалась интегрированная среда программирования Borland Delphi.

Для работы с программами требуется компьютер следующей минимальной конфигурации: процессор Pentium 166 MMX, 64 МБ оперативной памяти, видеокарта с 1 МБ видеопамью, а также операционная система MS Windows 9x/NT/2000/XP, BDE Administrator.

Разрабатываемое программное обеспечение - обучающая система с элементами моделирования электрических сетей проходит апробацию в учебном процессе на кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» (ЭПП) АлтГТУ им. И.И. Ползунова при изучении дисциплин «Передача и распределение электрической энергии» и «Электрические сети».

Использование данной программы даст возможность обеспечить качественно новый уровень проведения практических занятий и лабораторных работ, будет способствовать активизации самостоятельной работы студента, учебно-познавательной деятельности, повысит эффективность и качество труда студентов и преподавателей.

Широкое использование информационных технологий при обучении студентов-энергетиков является одним из эффективных способов подготовки будущих специалистов к работе с реальными объектами электроэнергетической системы. Это способствует к уменьшению сроков адаптации на производстве, а также к проявлению творческой стороны молодых инженеров и новых подходов к решению конкретных инженерных задач на производстве.

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖАНИЯ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ГОРОДСКОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Стешов В. В. – студент гр. Э-01  
Грибанов А.А. – к.т.н., ст. преподаватель

Асинхронные электроприводы, по различным подсчётам, составляют от 80 до 95% общего количества электроприводов, а асинхронные двигатели потребляют более половины производимой в нашей стране электроэнергии. Поэтому вопросы эксплуатации электроприводов данного вида довольно актуальны для любой сферы народного хозяйства.

В сложившейся на сегодняшний день в нашей стране ситуации, большая доля эксплуатируемых на промышленных предприятиях и в агропромышленном комплексе электродвигателей уже вырабатывают или выработали свой эксплуатационный ресурс, а на переоборудование требуются большие средства, и возникает особая необходимость в максимально возможном восстановлении ресурса электродвигателей.

При существующих системах планово-предупредительного ремонта (ППР) параметры потока отказов электродвигателей остаются достаточно высокими. Связано это, прежде всего, с нересурсными отказами, когда вероятность отказов повышена за счёт возможного применения при ремонте (изготовлении) некачественных материалов, деталей, покупных изделий, несоблюдения технологии ремонта и требуемых допусков при сопряжении деталей, из-за ошибок при сборке отдельных узлов и при монтаже схемы. Эту проблему следует устранять путём жёсткого входного, пооперационного и финишного контроля, в оптимизированной системе ППР.

Оптимизация системы ППР асинхронных электродвигателей может базироваться на принципе необходимости: восстановительные мероприятия следует проводить только в том случае, когда они наиболее эффективны. Прежде всего, требуется количественно оценивать техническое состояние как отдельных элементов, так и электродвигателя в целом. На кафедре «Электроснабжение промышленных предприятий» АлтГТУ ведётся работа по созданию перспективных методов и технических средств диагностики электродвигателей. В настоящее время разработаны комплексы не только переносных, но и стационарных устройств, которые целесообразно использовать для непрерывного контроля состояния электродвигателей, используемых для привода наиболее ответственных технологических механизмов.

Наибольший интерес представляет организация планирования диагностики электродвигателей в случае использования комплекса переносных технических устройств. В настоящее время дифференциация производственных помещений по условиям эксплуатации неэффективна, поскольку в каждую из выделенных групп включается довольно большой диапазон сочетаний воздействующих на состояние электрооборудования факторов. То есть без дополнительного разбиения этих групп на поддиапазоны трудно определить оптимальный междиагностический период. Решение этой задачи сводится к использованию моделей прогноза с целью выполнения факторного анализа с последующим выделением наиболее характерных для эксплуатации сочетаний отрицательно воздействующих факторов.

Результаты диагностики служат исходным материалом для оценки остаточного ресурса работы асинхронных двигателей. В случае, если по результатам прогноза диагностируемый объект перешёл в зону возможных отказов следует перевести его с привода более ответственного механизма на менее ответственный, остановка которого вследствие отказа не приве-

дёт к таким значительным величинам ущерба, как при выходе из строя ответственного механизма.

В случае внезапного отказа электродвигателя следует немедленно провести мероприятия по его замене. На практике не всегда на складе оказывается в резерве такой же двигатель, как и вышедший из строя. В такой ситуации для привода ответственных механизмов предлагается проводить временную замену на двигатель, вышедшего из строя двигателя имеющимся исправным, но не соответствующим по каким-либо параметрам.

Для оценки оптимальных сроков проведения восстановительных мероприятий проведён комплекс исследований, который позволил прийти к выводу о том, что наибольший эффект может быть получен при проведении технического обслуживания узлов в интервале эксплуатации, когда начинается стадия интенсивного износа.

В результате проведённого комплекса исследований удалось выделить основные мероприятия, которые позволят существенно повысить эффективность эксплуатации асинхронных двигателей. На ответственных электроприводах необходимо планировать и осуществлять своевременную ротацию электродвигателей с малым остаточным ресурсом на электродвигатели с более высокими параметрами надёжности и ресурсом работы. В результате этих мероприятий освободившиеся электродвигатели устанавливаются на менее ответственные электроприводы. Разработаны методика и алгоритм организационно-технических мероприятий системы поддержания надёжности электродвигателей городского и промышленного оборудования. Таким образом, осуществлена оптимизация использования парка электродвигателей, что позволит достичь наибольшей экономической эффективности при эксплуатации и обслуживании соответствующего электрооборудования.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ИЗОЛЯЦИИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Заюков Д.Н., Дьяченко А.С. – студенты гр. Э-91  
Грибанов А.А. – к.т.н., ст. преподаватель

Проблема низкой надёжности асинхронных электродвигателей до настоящего времени остаётся одной из актуальных для предприятий различных отраслей экономики. На практике её пытаются решить путём выполнения различных технических мероприятий. Их можно условно разделить на две группы:

- непосредственно направленные на повышение эксплуатационной надёжности;
- служащие для обеспечения выполнения мероприятий первой группы.

Среди мероприятий второй группы одним из наиболее значимых является диагностика.

В настоящее время на практике используется ряд методов диагностики изоляции. Каждый из них основан на использовании определенных физических закономерностей, поэтому конкретный метод может использоваться для оценки технического состояния изоляции при диагностике её отдельных частей.

Кроме того, необходимо учитывать то, что техническое состояние изоляции измеряется главным образом в зависимости от интенсивности воздействия разрушающих факторов при использовании электродвигателей. Чем выше интенсивность этого воздействия, тем быстрее протекают процессы старения изоляции. Если данные процессы имеют место в электродвигателях, используемых для привода ответственных механизмов или в сложных технологических процессах, то внезапный выход электродвигателя из строя будет сопровождаться значительным материальным ущербом. Поэтому для диагностики этих электродвигателей необходимо применять методы, которые позволяют получить наиболее достоверную и полную информацию. Определить наиболее рациональные варианты использования различных методов диагностики изоляции можно с помощью оптимизации.

В технической диагностике, особенно при построении оптимальных диагностических процессов, широко используется теория информации. Возникшая как математическая теория

связи, теория информации получила применение в других областях науки как общая теория связи статических систем. В диагностике такими системами являются система состояний (диагнозов) и связанная с ней система признаков.

Центральное место в теории информации занимает понятие энтропии системы. Энтропия характеризует степень неопределённости системы. Степень неопределённости системы зависит от имеющейся о ней информации и может быть понижена с помощью выполнения мероприятий по оценке технического состояния объекта. При этом энтропия стремится к нулю. Энтропия определяется суммой вероятностей отдельных состояний системы и не может быть отрицательна.

Понятия «энтропия» и «вероятность состояния системы» использовались при проведении статистических исследований группы асинхронных электродвигателей. Исследуемая выборка была получена при диагностировании электродвигателей различными методами. При этом устанавливался факт соответствия или несоответствия определяемого с помощью данного метода диагноза к реальному диагнозу.

Основным результатом этих исследований явилось установление значений диагностического веса и ценности диагностической информации. Ценность диагностической информации определяется вероятностью того, что данный диагностический параметр позволяет получить всю информацию о состоянии системы. Диагностический вес характеризует долю информации, которая может быть получена при комплексном обследовании изоляционных систем.

Полученные результаты статистического исследования методов диагностики позволили оценить степень достоверности информации при использовании различных диагностических параметров. Помимо достоверности при оптимизации использования методов диагностики необходимо учитывать ряд дополнительных условий, к которым относятся:

- условия эксплуатации электродвигателя;
- затраты на диагностику;
- время диагностирования.

В результате анализа сложившейся ситуации выделены наиболее важные критерии оптимизации, в число которых входят:

- достоверность диагностики (её стремятся повысить);
- срок службы электродвигателей (его стремятся максимально продлить);
- затраты на диагностику (стремятся уменьшить);
- время, затрачиваемое на диагностику (необходимо по возможности уменьшить).

С учётом приведённых критериев решаемая задача оптимизации заключается в следующем: необходимо выбрать метод диагностики, позволяющий получить достаточный объём информации о техническом состоянии применительно к условиям эксплуатации.

Наибольшая эффективность диагностических мероприятий может быть достигнута при соблюдении следующих условий:

- наличие необходимого диагностического оборудования;
- наличие квалифицированного обслуживающего персонала;
- сравнительно небольшое расстояние между организацией, выполняющей диагностические работы, и организацией, эксплуатирующей электродвигатели;
- регулярность и своевременность проведения диагностик;
- диагностирование группы электродвигателей.

В результате проведения исследований получен обобщённый критерий эффективности использования методов диагностики, который представляет собой обобщённые приведённые затраты. Использование этого критерия позволило провести свёртку группы постановок задач оптимизации в одну.

Для решения поставленной задачи оптимизации использовался метод сплошного перебора вариантов сочетаний условий эксплуатации электродвигателей и методов диагностики.

В результате проведённых исследований разработана методика оптимизации использования методов диагностики изоляции электродвигателей. Она заключается в том, что по из-

вестным показателям достоверности диагностической информации, получаемой с помощью различных методов и средств оценки технического состояния, и по характеристикам ответственности технологического процесса по критерию минимума приведённых затрат выбирается оптимальный метод диагностики. При этом используются разработанные алгоритмы и эмпирические выражения, полученные в результате статистического анализа данных подконтрольной эксплуатации электродвигателей в реальных условиях эксплуатации.

Использование предлагаемой методики оптимизации позволяет выбрать наилучший метод диагностики для использования его при оценке технического состояния электродвигателя, эксплуатируемого в заданных условиях.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РЕМОНТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Сабашкина Л.А. - студент гр. Э-01  
Сорвина О.В., Каурова И.А. - студенты гр. Э-02  
Рыбаков В.А. – аспирант, Хомутов С.О. - к.т.н., доцент

Электрические двигатели – наиболее ответственные электрические машины, работающие на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях. Обычно на каждом предприятии таких машин установлено большое количество. От их работы часто зависит весь технологический процесс производства. Поэтому техническому обслуживанию и ремонту электрических двигателей уделяют очень большое внимание.

Анализ ситуации в агропромышленном комплексе показал, что основная проблема совершенствования – это нерациональное использование энергоресурсов, одной из причин которого является низкое качество ремонта электрооборудования.

Качественный, своевременный ремонт и научная организация эксплуатации электрических двигателей позволяют обеспечить бесперебойную работу производственных механизмов в промышленности, сельском хозяйстве и сократить ежегодную потребность народного хозяйства страны в новых электрических двигателях. Таким образом, можно повысить экономическую эффективность использования электрических двигателей.

Проблема качественного ремонта и эксплуатации становится ясной, если учесть, что в промышленности на долю электродвигателей приходится около 70% всей энергетической мощности, в сельском хозяйстве – 25%. Ежегодно ремонтируются около 13 млн. двигателей, что соответствует количеству вновь выпускаемых двигателей в год.

Основной задачей исследования является разработка оптимальной последовательностей ремонтов электродвигателей с целью повышения эффективности их ремонта.

Анализ статистической информации о выходах из строя и ремонте электрооборудования в сельском хозяйстве показывает, что при определении целесообразной в данном конкретном случае методики ремонта необходимо учитывать оптимальное соотношение между надежностью и ресурсом работы отремонтированного электрооборудования и затратами материальных и денежных средств на производство данных работ.

В данном исследовании изучается эффективность ремонта электродвигателей посредством оценки коэффициентов экономической и технической «важности» каждого элемента электродвигателя с целью выведения суммарного технико-экономического коэффициента эффективности ремонта.

Средний срок службы АД в сельском хозяйстве составляет два года. Примерно 80% отказов происходят вследствие выхода из строя статорной обмотки, 7% вызваны дефектами и механическими повреждениями статора и ротора, 8% - прогибом вала ротора, 5% - износом и повреждением подшипников.

Проведя технический анализ причин выхода из строя различных узлов электродвигателя, установлено, что наибольшее внимание в исследовании следует уделить ремонту вала ротора, пропитке и сушке обмоток, извлечению обмоток, ремонту подшипникового узла.

Критериями отыскания оптимальной цепочки ремонтов являются надежность ремонта и его стоимость. Основная идея исследования заключается в том, что каждой из методик восстановления присваивается свой определенный коэффициент надежности и стоимости. С увеличением числа ремонтов коэффициент надежности уменьшается, а стоимость увеличивается. При применении последовательностей различных методик ремонта электродвигателей итоговые показатели надежности различаются на 10% и более. При этом затраты на ремонт могут различаться в 3 и более раза.

Таким образом, можно проследить оптимальную цепочку ремонтов электродвигателей, согласуя ее со стоимостью, что позволит существенно повысить эффективность использования электрооборудования, эксплуатируемого в сложных условиях сельскохозяйственного производства.

Данное исследование находится в начальной стадии. Планируется подробно изучить влияние существующих методов, способов и технологий ремонта электродвигателей на устранение остаточных повреждений и дефектов всех его ответственных узлов. Необходимо провести ряд опытов, обосновывающих теоретические данные разработанных последовательностей ремонтов с использованных современных технологий восстановления изоляции электрооборудования.

На сегодняшний день исследованы различные последовательности ремонтов вала электродвигателей и проводится анализ их экономической эффективности. В лабораториях кафедры электроснабжения промышленных предприятий АлтГТУ им. И.И. Ползунова проводятся исследования различных видов пропитки и сушки обмотки статора и ведется планирование подготовка экспериментов на установке скоростной вакуумной пропитки электродвигателей.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИХ БЛИЖНЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Кондратьева А.В. – студент гр. Э-01  
Хомутов С.О. – к.т.н., доцент

Вопросы обеспечения надежности электрооборудования (ЭО) являются важнейшими в современном производстве. Особое значение задача обеспечения эксплуатационной надежности приобретает для асинхронных двигателей (АД), так как именно они составляют основу электроприводов на предприятиях и являются потребителями более 60 % всей вырабатываемой в мире электроэнергии. Статистические исследования эксплуатационной надежности электродвигателей показывают, что ежегодно в среднем до 20-35 % АД по различным причинам выходят из строя, причем убытки оцениваются не только затратами на ремонт, но и простоями оборудования.

Существующая на сегодняшний день система планово-предупредительного ремонта (ППР) в достаточной степени справляется с возложенным на неё объемом работ. Однако, несмотря на её многогранность, она не всегда способна учесть все индивидуальные особенности эксплуатации и состояние АД. В связи с этим, частота ремонтных обследований может быть как завышена, так и занижена, что в результате приводит к увеличению общих затрат на эксплуатацию парка АД. С другой стороны, благодаря разработке новых методов диагностики и созданию систем прогнозирования состояния АД, способных выделять и определять места появления дефектов, возникающих в различных частях электрооборудования, справедливо говорить об эффективном функционировании промышленных электроустановок. Актуальность этих систем предопределена сложностью решения большинства задач диагностики и устранения повреждений электрооборудования, вызывающих снижение производительности и уменьшение объема выпускаемой продукции.

Существующие на сегодняшний день способы диагностики и прогнозирования состояния АД не гарантируют глубокого и детального анализа процессов дефектообразования, а

следовательно, не являются совершенными. Поэтому в рамках данного исследования проблемная ситуация заключается в противоречии между необходимостью получения информации о текущем состоянии АД и отсутствием методов, способных объективно оценить его состояние.

Таким образом, цель научной работы можно определить как: разработка метода диагностики АД, в основе которого лежит анализ изменения ближнего электромагнитного поля электрической машины (ЭМ) в зависимости от состояния рассматриваемого двигателя.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

- анализ дефектов и отказов АД по состоянию на 01.01.2005;
- анализ качества ремонта АД на промышленных предприятиях и в сельском хозяйстве;
- анализ работоспособности АД после ремонта;
- обоснование целесообразности использования разрабатываемого метода диагностики;
- составление и решение дифференциальных уравнений на основе идеальной схемы замещения АД;
- применение нелинейных элементов с целью описания процессов, происходящих в реальном АД;
- нахождение токов из уравнения волновых процессов в обмотках ЭМ:
  - а) при стандартной схеме замещения;
  - б) при введении нелинейных параметров в заданную схему замещения;
- проведение эксперимента по информативности сигнала, получаемого от АД;
- сравнение полученных экспериментальных данных с теоретическими расчетами;
- определение критерия оценки состояния АД.

Объектом исследования будут являться процессы старения и дефектообразования в реальном двигателе, а схема замещения – средством, позволяющим рассмотреть и изучить эти процессы.

Предмет исследования определяется следующими зависимостями:

- между параметрами схемы замещения и состоянием АД;
- между характером синусоидальности и параметрами состояния АД.

Решение вышеназванных задач позволит сделать систему ППР более гибкой, способной учесть индивидуальные особенности эксплуатации и состояние АД. При этом будет эффективно сочетать различные методы диагностики с системой ППР.

В данной публикации обсуждена проблема, определен объект и предмет исследований и намечены основные цели и задачи работы. Целью данной работы являлась постановка задачи исследования. В дальнейшем на данной основе планируется разработать эффективные методы диагностики асинхронных двигателей малой мощности на основе анализа их ближнего электромагнитного поля.

## СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ФАКТИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

Киселева Е.В., Кобозев Е.В. - студенты гр. Э-01  
Сташко В.И. - к.т.н., доцент

По различным оценкам на данный момент более 50% основного оборудования энергетической отрасли уже давно выработало свой ресурс. Нередка ситуация, когда агрегат работает на промышленном предприятии вдвое дольше, чем составляет гарантийный срок его службы. Этот элемент системы электроснабжения предприятия становится слабым звеном, которое может порваться в любой момент. Повышение надежности особо важного, критичного оборудования достигалось и продолжает в большинстве случаев достигаться с помощью частых планово-предупредительных ремонтов (ППР). Это ведет к значительному повышению затрат на обслуживание оборудования, включающих стоимость работ по выведению, разборке-сборке агрегатов и т.п. Замена узлов на новые, как правило, не требуется, так как старые не

успевают выработать свой ресурс. Более того, новые узлы имеют большую вероятность так называемых приработочных отказов, что не повышает надежность системы. Поэтому замена работающего узла на новый в таких случаях не обоснована.

В условиях построения рыночной экономики и увеличения конкуренции останов линии производства приносит убытки гораздо большие, чем затраты на указанные мероприятия. Таким образом, в настоящее время все еще сохраняется проблема повышения надежности электрооборудования.

Одним из подходов решения данной проблемы является синтез существующих на сегодня методов и технологий анализа состояния электрооборудования. Основной задачей данной работы является разработка комплекса мер, позволяющих спрогнозировать выход электрооборудования из строя. В настоящее время не существует единой организационной структуры, которая занималась бы контролем, управлением и прогнозированием надежности работы электрооборудования предприятий любой формы собственности от крупных предприятий до мелких частных хозяйств. Поэтому требуется разработать структуру Регионального центра, собирающего информацию об отказах оборудования и выдающего рекомендации по продлению срока его работы. Необходимо проработать организационную структуру центра, определить способы и средства связи его с предприятиями-заказчиками, оценить экономическую эффективность создания данной организации.

Наиболее приемлемым представляется техническое обслуживание по фактическому состоянию. Для организации такого обслуживания необходимы средства, позволяющие оценить состояние объекта на данный момент, проследить изменение состояния за последнее время и спрогнозировать его на ближайшее будущее. Нагрузки, которые испытывает агрегат, частота перегрузок, окружающая среда, в которой он установлен, — это гораздо более важные факторы, чем время. Соответственно переход на обслуживание по фактическому состоянию потребует использования новых диагностических параметров, методик их замера и последующего анализа, а также новых методик замеров и обработки уже известных и широко используемых параметров. Для всех контролируемых параметров определяются так называемые "тревожные" и "аварийные" уровни сигнала. Сравнение фактического уровня сигнала с установленными пороговыми значениями дает количественную оценку состояния. Упрощенно обслуживание оборудования сводится к проведению ремонтов при достижении или превышении параметрами пороговых значений.

Асинхронные двигатели представляют собой наиболее распространенный тип электрических машин. Усилие интереса к технической диагностике асинхронных двигателей в последние годы объясняется созданием и применением в народном хозяйстве все более сложных изделий, устройств и систем (объектов) при непрерывном увеличении темпов их производства, росте интенсивности их использования и повышения требований к их надежности. В этих условиях интуитивные методы и ручные способы определения состояния асинхронных двигателей оказываются малоэффективными или даже непригодными.

Электрические машины нередко работают в весьма тяжелых условиях, при неудовлетворительном обслуживании или совершенно без какого-либо ухода. В большинстве случаев причинами отказов асинхронных двигателей являются неправильное их применение (15 – 35% отказов), недостатки эксплуатации (35 – 50% отказов) или низкое качество ремонта. Примерно 30 – 35% отказов происходит вследствие недостатков конструкции и технологии производства двигателей. Лишь 10 – 12% двигателей выходят из строя вследствие естественных процессов старения и износа. Средний срок службы асинхронных двигателей до капитального ремонта составляет 5 лет (15 – 20 тыс. ч), что нельзя считать достаточным.

Поэтому в настоящее время очень остро стоит вопрос повышения надежности асинхронных двигателей, поскольку выход их из строя приводит к простоям оборудования и, следовательно, к существенному материальному ущербу. Так как проектирование новых серий электрических двигателей происходит не так часто, то многие разработки по повышению надежности на этапе конструирования остаются невостребованными.

Наиболее актуальной представляется разработка комплекса мер повышения надежности в процессе эксплуатации. Для решения данной проблемы предлагается создание Региональной системы управления надежностью, принцип работы которой заключается в следующем: предприятие (как мелкое фермерское хозяйство, так и крупное промышленное предприятие), заинтересованное в стабильной работе своего оборудования, присылает в Центр сбора информации данные о своих электрических двигателях, где на основе этих данных разрабатывается комплекс мероприятий, направленных на увеличение срока работы оборудования. Для любого электродвигателя на этапе его производства и этапе эксплуатации задаются определенные технические требования. Желательно, чтобы объект всегда соответствовал этим требованиям. Однако в нем могут возникать неисправности, нарушающие указанное соответствие. Тогда задача состоит в том, чтобы при эксплуатации не допустить или восстановить нарушенное соответствие асинхронных двигателей техническим требованиям. Решение этой задачи невозможно без эпизодического или непрерывного диагноза состояния электродвигателя, что является одной из главных задач центра сбора информации.

На сегодняшний день существует целый ряд методов диагностики асинхронных двигателей, обеспечивающих различную степень достоверности получаемой информации и отличающихся по стоимости. Не все предприятия могут позволить себе установить современные комплексы, собирающие наиболее полные и достоверные данные о двигателе, и порой мегомметр – единственное средство диагностики. Рекомендации по повышению надежности могут быть выданы и в этом случае, однако степень их точности не будет высокой.

Для упрощения процедуры обмена информацией необходимо структурировать предприятия, желающие повысить надежность, и выбрать для каждой группы свой способ общения. Например, небольшое хозяйство, находящееся на удалении от центра, может воспользоваться услугами почты и выслать анкету, предоставленную Центром, на бумаге. При больших возможностях можно использовать факс или еще более удобный способ передачи данных – электронную почту. От этого будет зависеть скорость получения результатов, и, как следствие, более быстрое применение рекомендаций и получение экономического эффекта.

На этапе эксплуатации в процессе выполнения асинхронным двигателем его рабочего алгоритма функционирования часто необходимо осуществить проверку правильности функционирования двигателя: с помощью анкетирования можно следить за тем, не появились ли в нем неисправности, нарушающие его нормальную работу в настоящий момент времени. Таким образом, наиболее рациональный способ – это постоянный контроль и периодическая проверка электродвигателей Центром диагностики с помощью системы тестового диагноза решать задачи проверки неисправности, проверки работоспособности, поиска неисправностей (всех или только нарушающих работоспособность) и разработки комплекса мероприятий, направленных на увеличение срока работы электрооборудования.

Данная статья носит постановочный характер. В настоящее время идет разработка организационной структуры Регионального центра, в составе которой определены контингент и перечень должностных лиц, их должностные обязанности и круг задач, взаимодействие внутри организации, а также прорабатываются связи с организациями и хозяйствами, заинтересованными в повышении надежности работы своего электрооборудования. Планируется проработать бизнес-план, позволяющий оценить перспективы развития данного проекта в условиях рыночной экономики России.

## СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ НАКОПЛЕНИИ И УДАЛЕНИИ ВЛАГИ

Свистёлко Д.А. - аспирант

В процессе эксплуатации изоляция асинхронного двигателя (АД) стареет и разрушается. Причины разрушения множество: параметры среды, в которой эксплуатируется АД, величина электромеханических нагрузок, режим работы АД. Можно выделить следующие факторы, влияющие на интенсивность разрушения изоляционного слоя электродвигателя:

- превышение температуры обмоток двигателя сверх допустимых норм;
- влажность и наличие агрессивных газов в окружающей среде;
- электродинамические нагрузки на изоляционную систему двигателя;
- режим эксплуатации двигателя;
- вибрация и др.

Разрушение изоляции: растрескивание, появление пор, расслоение, изменение толщины изоляции приводит к уменьшению концентрации вещества изоляции в АД. Уменьшение толщины изоляции, изменение ее формы и структуры обуславливает скопление на ее поверхности и сквозное проникновение в поры и капилляры пыли, влаги, что снижает межвитковое и межкорпусное сопротивление.

Многочисленные исследования показывают, что при различных методах и интенсивностях подвода тепла и постоянных режимах процесс сушки состоит из периодов прогрева влажного материала, постоянной скорости и падающей скорости испарения влаги. При переменных режимах сушки период постоянной скорости отсутствует, однако и в этом случае процесс испарения влаги состоит из двух периодов.

В первом периоде температура поверхности материала равна температуре испарения свободной жидкости и мало зависит от изменения параметров теплоносителя. Во втором периоде температура поверхности материала повышается, приближаясь к температуре источника тепловой энергии.

При взаимодействии воды с твердой фазой происходят сложные процессы гидратации, набухания, а при сушке - усадка материала [1 - 4], в результате чего во влажных дисперсных материалах возникают внутренние напряжения. При повышенном влагосодержании изоляции АД имеет место, в основном, поверхностное трещинообразование. Установлено, что причиной трещинообразования является развитие больших градиентов влажности между поверхностью и центром пор. Вследствие этого необратимо снижается механическая прочность изоляционного слоя обмотки АД.

В процессе сушки изоляции вследствие обезвоживания крупных пор (удаляется капиллярная и иммобилизованная влага) создается незначительное капиллярное давление. Такое же давление устанавливается и в пленке влаги, окружающей частицу. Это давление передается на скелет обмотки, что приводит к ее сжатию (при этом на частицы выжимается часть капиллярной и иммобилизованной влаги, что вызывает изменение кривизны менисков). Кроме того, капиллярное давление, приложенное к частицам, стремится их сблизить. Это еще более уменьшает кривизну менисков, так как вода выдавливается из зазора между частицами.

Следовательно, в период постоянной скорости сушки влага под действием капиллярного давления поступает на поверхность обмотки, где и испаряется. При этом напряжения в системе малы и, вследствие эластичности твердых компонентов обмотки, быстро релаксируют. Сближение частиц под действием капиллярного давления приводит к усадке.

Интенсивный рост напряжений происходит при влагосодержании менее 2 г/г, что приблизительно соответствует первому критическому влагосодержанию. При этом удаляется влага из микрокапилляров, осмотическая и сорбированная [5]. Фронт испарения уходит в глубь образца. Опускается кайма менисков и капиллярное давление развивается внутри образца. Напряжения интенсивно растут и в зависимости от режима сушки достигают максимальных значений. Уменьшение максимальных напряжений по мере возрастания температу-

ры вызывается снижением поверхностного натяжения жидкости и соответственно капиллярного давления и увеличением подвижности звеньев макромолекул твердых компонентов обмотки, что приводит к частичному разрушению мелкодисперсных связей.

Вследствие перемещения капиллярной каймы в глубь пор изоляции обмотки центральные слои испытывают большие локальные напряжения, чем периферийные.

Усадка на участке падающей скорости сушки отстает от темпа обезвоживания вследствие возрастания сопротивления сжатию скелета обмотки. Следует отметить, что усадка центральных слоев отстает от периферийных и приводит к локальным перенапряжениям.

Дальнейшее обезвоживание приводит к исчезновению капиллярных менисков и наблюдается резкое снижение внутренних напряжений. В этом случае прочность и усадка системы определяются только силами межмолекулярного взаимодействия.

Таким образом, из проведенного обзора научных работ по данной теме видно, что процессы, происходящие при накоплении и удалении влаги, приводят к образованию дефектов в изоляции электродвигателя. Это вызывает снижение прочности изоляции обмоток электродвигателей и выход их из строя. Необходимо выполнить комплекс исследований изменения концентраций веществ, заполняющих свободные поры изоляции, при увлажнении изоляции в процессе эксплуатации двигателя и её сушке под тепловым воздействием режимов работы и восстановительных и ремонтных операциях, и оценить на этой основе состояние изоляции. При этом особое внимание должно быть уделено сочетаниям воздействий отдельных факторов, таких как механические усилия, гидролиз, влияние химически активных веществ, разрушающих изоляцию. Данные, полученные в ходе экспериментов, планируется использовать для построения математических моделей прогнозирования остаточного срока службы изоляции электродвигателей, эксплуатируемых в особых условиях сельскохозяйственного производства.

#### Литература

1. Лыков А.В. Теория сушки. - М.: Энергия, 1968.
2. Ребиадер П.А. Физико-химическая механика: Вестник АН СССР, №10, -С.32, -М.: Знание, 1958.
3. Кириллиан В.А., Сычев В.В, Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. -М.: Энергия, 1974.
4. Хаазе Р. Термодинамика необратимых процессов. Мир, 1967.
5. Гамаюнов Н.И., Королева Я. Л. //Проблемы физико-химической механики волокнистых и пористых дисперсных материалов: сборник. -Рига: Зинатне, 1967. - С.439.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция «Электрификация и теоретические основы электротехники»

1. Аверин Р.Ю., Аксенов А.В., Мусин А.Х. Обзор аварийности и мероприятий по ее ограничению в городских электрических сетях г. Барнаула.	3
2. Герасимов А.В., Слаутин А.А., Сметанкин А.С., Полухин О.В. Автоматизированный метод исследования дугового короткого замыкания	4
3. Федотов В.К., Тищенко А.И., Бевзов В.А., Афонин В.С. Высокочастотный емкостной датчик влажности зерна	5
4. Куликова Л.В., Разумов А.И. Компьютерное моделирование асинхронного двигателя	8
5. Малоземова Е.В., Воробьев Н.П. Компьютерное моделирование однофазных цепей переменного тока	11
6. Быковская А.В., Воробьев Н.П. Компьютерное моделирование несинусоидальных электрических цепей	15
7. Гашикова Т.А., Воробьев Н.П. Моделирование переходных процессов в линейных электрических цепях	18
8. Воробьев Р.Н., Воробьев Н.П. Разработка методов имитационного моделирования передаточных функций пьезоэлектрических преобразователей	22
9. Воробьев Р.Н., Воробьев Н.П. Разработка методов определения переходных и импульсных характеристик пьезоэлектрических преобразователей на основе имитационных моделей	26
10. Воробьев Р.Н., Воробьев Н.П. Разработка методов определения реакции пьезопреобразователей на сигнал произвольного вида с использованием математического моделирующего пакета Matlab	29
11. Воробьев Р.Н., Воробьев Н.П. Имитационное моделирование ультразвуковых приборов для контроля параметров технологических процессов в АПК	33
12. Тамбовцев К.С. Электропроводность полианилиновых слоев	36
13. Горбунов С.А. Стабилизация и регулирование температуры в технологических процессах	38
14. Ажоткин А.В. Методы визуализации предпробивных явлений в полимерных диэлектриках	40

### Секция «Котлостроение»

1. Соловьёв М. В., Грин В.М. Автоматизация проектирования пароперегревателей в среде ЮНИГРАФИКС	42
2. Бабакова Н.В., Маслов К.В. Паровой котел-утилизатор для работы с газовой турбиной мощностью 25 Мвт	42
3. Бурцев И.А., Симанов В.И. Исследование характеристик горелочного устройства и проект водогрейного котла мощностью 1,16 МВт для работы на жидком топливе легкой фракции	43
4. Онегов С.А., Симанов В.И. Проект водогрейного котла мощностью 1,5 МВт для работы на древесных отходах	44
5. Лушников В.П., Пронь Г.П. Исследование водогрейного котла с кипящим слоем	45
6. Лушников В.П., Пронь Г.П. Гранулирование твердого топлива перед сжиганием в кипящем слое	46
7. Гришин Е.Н., Пронь Г.П. Моделирование топочных устройств с кипящим слоем	47
8. Белоконь Л.Н., Пахомов Р.А., Трофимов А.С. Случайные отклонения производительности дымоcоса от номинального значения	50

### Подсекция «Гидравлика, Гидроэнергетика, Водоснабжение и Водоотведение»

1. Суханицкий В.В., Блинов А.А., Иванова П.В., Бычков Д.С., Родивилина Т.Ю., Иванов В.М. Расчет крепления нижнего бьефа в виде переменного по ширине наклонного водобоя за водосбросной плотиной.	53
2. Фёдоров Д.С., Блинов А.А., Бычков Д.С., Иванова П.В., Родивилина Т.Ю., Иванов В.М. Создание геоинформационных систем (ГИС) г. Барнаула.	55
3. Фёдоров Д.С., Блинов А.А., Иванова П.В., Бычков Д.С., Клейн Г.О., Юренков В.Н., Родивилина Т.Ю., Иванов В.М. МикроГЭС на базе гидротурбины с рабочим колесом от центробежного насоса.	56
4. Хорошева Т.В., Антипова Е.Н., Сусликова А.В., Васильева Е.Е., Иванова П.В. Передовые методы очистки стоков в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и возможность их использования на КОС-1 и КОС-2 г. Барнаула.	57

5. Хорошева Т.В., Антипова Е.Н., Федоров Д.С., Иванова П.В. Передовые методы очистки воды в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и возможность их использования на водоочистных сооружениях (ВОС) г. Барнаула.	59
6. Блинов А.А., Иванова П.В., Бычков Д.С., Клейн Г.О., Иванов В.М. Исследования модели водоналивного колеса Колыванского камнерезного завода.	60
7. Антипова Е.Н., Иванова П.В., Родивилина Т.Ю., Иванов В.М. Учет водопотребления в жилом фонде Санкт-Петербурга и возможность их использования в МУП «Барнаульский водоканал».	61
8. Ельченинова Е.А., Николаев А.М. Опытное определение аэродинамического сопротивления нетканых материалов.	62
9. Агафонов И.А., Лысенко А.С., Иванов В.М. Экспериментальное определение силового воздействия потока воздуха на поворотную заслонку саморегулятора скорости потока.	64
10. Чупина О.В., Иванов В.М., Лысенко А.С. Разработка саморегулятора скорости воздушного потока.	64
11. Клейн Г.О., Юренков В.Н. Гидродинамический расчёт и эффективность работы гидравлической турбины конвертируемой из центробежного насоса.	65
12. Блинов А.А., Иванова П.В., Бычков Д.С., Клейн Г.О., Юренков В.Н., Родивилина Т.Ю., Иванов В.М. Установка ультрафиолетового обеззараживания сбросных вод с обеспечением электроэнергии от микроГЭС.	66
13. Шешуков А.А., Иванова П.В., Бычков Д.С., Клейн Г.О., Родивилина Т.Ю., Иванов В.М. МикроГЭС на озере Белом.	67
14. Васильева Е.Е., Баклач П.В., Бахтина И.А., Бизяева О.М. Исследование влияния коагулянта на процессы очистки от азота и фосфора сточных вод.	69
15. Сусликова А.В., Бахтина И.А., Бизяева О.М. Установление оптимального расхода воздуха в аэротенках на КОС – 2 г. Барнаула.	71
16. Лесникова Е.В., Бахтина И.А. Проектирование внутренних систем коттеджа.	72
17. Прозорин А.Е., Юренков В.Н. Напор центробежного насоса с вихревой ступенью.	73
18. Маслова Е.А., Юренков В.Н. Оценка удельного энергетического потенциала одного кубометра воды реки и его использование.	75
19. Сусликова А.В., Иванова П.В. Аспекты обеззараживания городских сточных вод и их осадков препаратом «ПУРАЛАТ-БИНГСТИ».	77
20. Махотина Т.С., Лысенко А.С. Повышение эффективности пневматического оборудования.	77
21. Кудрявцева И.С., Родивилина Т.Ю. Принципы выбора диаметров водопроводных труб работающих под давлением и оптимизация системы подачи и распределения воды на основе технико-экономических расчетов.	78
22. Антипова Е.Н., Бахтина И.А. Перспективы создания водоучёта г. Барнаула.	78
23. Васильева Е.Е., Бахтина И.А. Исследование процессов обеззараживания осадков сточных вод.	79
24. Антипова Е.Н., Иванов В.М. Оценка экономической эффективности водосчётчиков.	80
25. Ельченинова Е.А., Николаев А.М. Установка для исследования кинетики сушки.	81

Подсекция «Автоматизированный электропривод и электротехнологии»

1. Атамашкин Р.В., Чебыкин А.Ю., Радченко М.В., Радченко Т.Б., Стальная М.И. Обоснование цели и задачи создания АСУ для очистки воды	82
2. Ахмедов А.А., Радченко М.В. САУ управления распашными воротами как элемент общей системы АТС.	84
3. Бояринцев В.В., Стальная М.И., Радченко Т.Б. Актуальность модернизации процесса преподавания технических дисциплин в технических университетах.	86
4. Давыдкин А.В., Радченко М.В. Цель и задачи моделирования в научно-исследовательском процессе.	87
5. Игошин А.В., Радченко М.В., Радченко Т.Б. Блок-схема САУ распашными воротами роботизированных складских помещений.	88
6. Касаткин Д.Е., Пешков В.Л. Принципы построения и реализации АСУ робокарных тележек.	90
7. Кибакин И.В., Стальная М.И. АСУ грузовых транспортных средств – элемент роботизированных производств.	91
8. Козицын А.В., Радченко Т.Б., Стальная М.И. Необходимость разработки программного обеспечения при дистанционном изучении электротехнических дисциплин.	92
9. Медведев А.Н., Радченко Т.Б., Стальная М.И. Обоснование критериев автоматизации работ в технологических процессах при сушке древесины	93

10. Милованов А.М., Радченко Т.Б., Стальная М.И. Модернизация электроприводов подвижного состава трамвайно - троллейбусного парка. 95
11. Нагорный Д.А., Маньковский С.А., Первалов П.А., Радченко М.В., Радченко В.Г. Эффективные газодинамические методы нанесения защитных покрытий на объектах теплоэнергетики 96
12. Переверзев Д.А., Радченко Т.Б., Стальная М.И. Разработка САУ технологическим процессом сушки овощей. 99
13. Самохоткин Ю.Н., Стальная М.И., Радченко Т.Б. Разработка устройств для расширения функциональных возможностей стационарных станции сотовой связи. 100
14. Тырышкин Д.Г., Радченко Т.Б., Стальная М.И. Актуальность вопросов разработки автоматизированных рабочих мест сервисных служб. 102
15. Мошкина Т.А., Радченко М.В., Радченко Т.Б. Анализ влияния технологических параметров процессов создания защитных покрытий на их качество. 103

Подсекция «Электроснабжение промышленных предприятий»

1. Анисимов А.Е., Захаров В.В., Уколова Н.В., Попов А.Н. Измерение параметров высокочастотных каналов связи по линиям электропередачи 105
2. Климов К.Н., Парфенов А.Н., Сафронова С.С., Попов А.Н. Обзор способов коммутации аналоговых сигналов на низких напряжениях 107
3. Данилов А.А., Попов А.Н. Особенности использования переключателей регулирования напряжения в проектируемых трансформаторах ТМНПН-400/3 108
4. Задворная Ю.В., Козлова Е.Н., Цыганков Р.А., Гутов И.А. Разработка лабораторных стендов по курсу «Передача и распределение электрической энергии» 109
5. Карачёв А.С., Гутов И.А. Разработка тестовых заданий по дисциплинам «Передача и распределение электрической энергии» и «Электрические сети» 111
6. Матейс А.С., Фролова Н.С., Гутов И.А. Использование информационных технологий в учебном процессе при подготовке инженеров-электриков 112
7. Котугин Е.А., Урвачев С.А., Гутов И.А. Разработка обучающих систем с элементами моделирования электрических сетей 115
8. Шешов В.В., Грибанов А.А. Система поддержания надёжности электродвигателей городского и промышленного оборудования 117
9. Заюков Д.Н., Дьяченко А.С., Грибанов А.А. Оптимизация использования методов диагностики изоляции асинхронных электродвигателей 118
10. Сабашкина Л.А., Сорвина О.В., Каурова И.А., Хомутов С.О. Разработка методики ремонта электродвигателей, эксплуатируемых в неблагоприятных условиях агропромышленного комплекса 120
11. Кондратьева А.В., Хомутов С.О. Разработка методов диагностики асинхронных двигателей малой мощности на основе анализа их ближнего электромагнитного поля 121
12. Киселева Е.В., Кобозев Е.В., Шашко В.И. Система технической диагностики и техническое обслуживание электрооборудования по фактическому состоянию 122
13. Свистёлко Д.А. Структурообразование в изоляции электродвигателя при накоплении и удалении влаги 125