

# **Мой вклад в науку - 2018**



**Сборник материалов  
IV студенческой научно-практической конференции  
Часть 2  
(Санкт-Петербург, 25 декабря 2018 г.)**

**Санкт-Петербург  
2019**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

---

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

# **Мой вклад в науку - 2018**

**Сборник материалов  
IV студенческой научно-практической конференции  
Часть 2  
(Санкт-Петербург, 25 декабря 2018 г.)**

**Санкт-Петербург  
2019**

УДК 378.147

ББК 74.58

М 748

Мой вклад в науку - 2018: сборник материалов IV студенческой научно-практической конференции / сост. Ю.Л. Морева; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2019. Ч.2.– 115 с. ISBN 978-5-91646-181-7

В настоящем сборнике представлены тезисы докладов студентов вузов Санкт-Петербурга по итогам IV студенческой научно-практической конференции «Мой вклад в науку - 2018», состоявшейся 25 декабря 2018 года в г. Санкт-Петербург.

Сборник предназначен для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями аспирантов, магистрантов и студентов.

Тезисы представлены в авторской редакции. Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

---

ISBN 978-5-91646-181-7

© Высшая школа технологии и энергетики  
СПбГУПТД, 2019

© Коллектив авторов, 2019

А. А. Андреев

магистрант I курса ВШТЭ СПбГУПТД,

В. Г. Злобин

к.т.н., доц. ТСУ и ТД ВШТЭ СПбГУПТД

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Топливо-энергетический комплекс РФ включает в себя целый комплекс отраслей, занимающихся добычей, переработкой, реализацией топливо-энергетических ресурсов, таких как нефть, природный газ, торф, сланец и уран, развитие которых является важной задачей в наши дни.

Все энергетические ресурсы можно разделить на два вида: первичные и вторичные. Первичные ресурсы – это ресурсы, получаемые из природы (энергетическое топливо, вода, ветер, геотермальное тепло, атомное топливо и др.). Первичные в свою очередь также разделены на возобновляемые и не возобновляемые. В первом случае это постоянно воспроизводимые ресурсы и практически неисчерпаемые, например, гидроэнергия (энергия, производимая водой) или альтернативные источники энергии (всеми хорошо известные, солнечные и ветровые станции). Особо должна быть выделена ядерная или атомная энергия, относимая к невозобновляемым энергетическими ресурсами, так как её источником являются радиоактивные (преимущественно урановые) руды. Однако со временем с постепенной заменой атомных электростанций (АЭС) на тепловых нейтронах, атомными электростанциями, использующими реакторы-размножители на быстрых нейтронах, а в будущем, работающих на термоядерной энергии - ресурсы ядерной энергетики станут практически неисчерпаемыми. В свою очередь невозобновляемые ресурсы – это, в первую очередь, органические виды минерального топлива, добываемые из земных недр: нефть, природный газ, уголь, горючие сланцы, другие битуминозные горные породы, торф. Они используются в современном мировом хозяйстве в

качестве топливно-энергетического сырья, по-другому еще называют традиционные источники энергии. (рисунок).

Вторичные ресурсы – это ресурсы, получаемые после преобразования из первичных на станциях (электроэнергия, пар, горячая вода, сжатый воздух и др.).



### Первичные энергоресурсы

Запасы энергоресурсов можно разделить на три части:

- ❖ Геологические (теоретические)
- ❖ Разведанные (достоверные)
- ❖ Извлекаемые (экономические)

Разведанные примерно в 4-5 раз меньше теоретических, т.е. близкие к реальным запасам. Разведанные постоянно растут, тем самым стремятся к значению теоретических, в это же время извлекаемые запасы составляют в среднем 0,5-1 % от достоверных. Почему так мало? На самом деле все просто, есть всего две причины: наличие прослоев глин и сланцев, которые закупоривают трещины гидроразрыва; вторым препятствием является слишком малый размер пор, в которых содержится нефть.

Природно-ресурсный потенциал России составляет свыше 20 % мировых запасов. Это обеспечивает России особое место среди

индустриальных стран. Природные ресурсы, используемые в России, составляют 95,7 % национального богатства страны. На территории страны находятся крупные месторождения топливно-энергетического сырья: нефти, природного газа, угля. Россия занимает второе место в мире по добыче газа (579,4 млрд кубических метров, что составляет более 16 % от общих мировых запасов), самые крупные месторождения газа в России находятся в Западной Сибири это места Уренгойское, Ямбургское и Заполярное с запасами около 10.2 трлн метров кубических; восьмое место по уровню добычи нефти (5 % доля мировой добычи), Западно - Сибирская, Волго - Уральская, Тимано - Печорская, Северо - Кавказская и Прикаспийская являются самыми крупными нефтегазовыми провинциями в стране; второе место по запасам угля (157 010 млн тонн, что составляет более 17 % от общих мировых запасов), однако большая их часть непригодна к разработке, поскольку находится в области вечной мерзлоты в Сибири. Вместе с тем, разведанных запасов угля хватит более чем на 500 лет.

Что касается возобновляемых источников энергии в России, то данная отрасль слабо развита в нашей стране. Из всего объема добываемых энергоресурсов лишь малая часть приходится на добычу возобновляемой энергии. Из этого количества около двух третей приходится на гидроэнергетику России. В это же время потенциал самих возобновляемых источников довольно велик и по некоторым оценкам составляет около 270 миллионов тонн условного топлива в год. Из них 115 млн т у.т./год составляет геотермальная энергия (крупнейшей геотермальной станцией в стране является Мутновская ГеоЭС на Камчатке. Её проектная мощность составляет 80 МВт, установленная — 50 МВт), 65,2 млн т у.т./год — малые гидроустановки (наибольшей мощностью обладает Зеленоградская ветроэнергоустановка в Калининградской области (5,1 МВт), 35 млн т у.т./год — биомасса, 12,5 млн т у.т./год — солнечная энергия, 10 млн т у.т./год — энергия ветра и 36 млн т у.т./год — низкопотенциальное тепло. Среди причин, замедляющих развитие возобновляемой энергетики в стране, называются

наличие больших запасов органического топлива, отсутствие стимулирования отрасли на государственном уровне.

Подводя итоги, можно утверждать, что использование невозобновляемых источников энергии в скором времени станет на вес золота и тем самым такой недостаток может служить причиной энергетического кризиса во всем мире, помимо этого истощение запасов и загрязнение окружающей среды обитания ведет к значительным изменениям температуры и климата не только в России, но и на всей Земле. Следовательно, уже сегодня российская энергетика должна решить проблемы надежного энергоснабжения, а также для создания задела в инновационном развитии энергетике страны для будущих поколений.

**УДК 620.1**

И.С. Базулин

магистрант I курса ВШТЭ СПбГУПТД

## **ТЕПЛОВЫЕ МЕТОДЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

Основной характеристикой температурного поля, являющейся индикатором дефектности, служит величина локального температурного перепада. Координаты места перепада, топология температурного поля и его величина в градусах являются функцией большого количества факторов.

Для измерения температуры применяются контактные и бесконтактные методы. Контактное измерение температуры осуществляется с помощью жидкостных и манометрических термометров, термопар, термометров сопротивления, термоиндикаторов.

Бесконтактные методы теплового контроля основаны на использовании инфракрасного излучения, испускаемого всеми нагретыми телами. Инфракрасное излучение занимает широкий диапазон длин волн от 0,76 до 1000 мкм. Спектр, мощность и пространственные характеристики этого

излучения зависят от температуры тела и его излучательной способности, обусловленной, в основном, его материалом и микроструктурными характеристиками излучающей поверхности. При повышении температуры мощность излучения быстро растет, а ее максимум сдвигается в область более коротких длин волн. По характеру получения информации различают пирометры для локального измерения температуры в данной точке объекта и пирометры для анализа температурных полей – тепловизоры. По принципу действия различают яркостные, цветовые и радиационные пирометры. Принцип действия яркостных пирометров основан на зависимости спектральной яркости нагретых тел от температуры, описываемой законами Планка и Вина. Действие цветовых пирометров основано на сравнении интенсивности излучения объекта в двух спектральных диапазонах. Логарифм их отношения обратно пропорционален цветовой температуре объекта. Действие радиационных пирометров основано на использовании закона Стефана-Больцмана, выражающего зависимость излучаемой телом энергии от его температуры.

Бесконтактные измерители температуры обладают рядом существенных преимуществ (малая инерционная способность, исключение искажения температурного поля, проведение измерений на расстоянии), такие приборы позволяют проводить оперативный контроль работающего оборудования, в том числе труднодоступных и вращающихся объектов, деталей электрооборудования, находящихся под напряжением.

В настоящее время наблюдается интенсивное применение тепловидения [1] по всему циклу производства и распределения электроэнергии от электростанций до потребителей электроэнергии. В основе тепловидения лежит возможность получения видимого изображения объектов по их тепловому (инфракрасному) излучению, что позволяет оценить распределение тепловых полей и, как следствие этого, определить температуру любой точки на поверхности объекта. Основным элементом тепловизионной системы является компактная тепловизионная камера, позволяющая выполнять снимки

объекта в инфракрасном диапазоне. Современные тепловизионные камеры имеют высокую разрешающую способность и имеют возможность выявлять разницу температур на поверхности с точностью до 0,05 °С. Высокая мобильность и бесконтактный принцип работы позволяют применять камеру для обследования любых объектов, в том числе и с воздуха, например, с борта вертолета. Кроме того, в состав тепловизионной системы входят персональный компьютер и программное обеспечение, предназначенные для обработки полученных камерой снимков и создания баз данных по результатам обследований [2].

Тепловой метод обладает огромным потенциалом для диагностики и оценки состояния энергетического оборудования. Он выявляет дефекты на ранней стадии их развития, что позволяет планировать объемы и сроки ремонта оборудования по его фактическому состоянию. Особая ценность тепловидения в том, что диагностика осуществляется без вывода оборудования из работы. К настоящему времени накоплен значительный опыт применения инфракрасной техники на предприятиях электроэнергетики. К примеру, в РАО «ЕЭС России» разработаны методики тепловизионной диагностики практически для всех видов электрооборудования. Метод стал нормативным и включен в шестое издание РД 34.45 - 51.300 - 97 – «Объем и нормы испытаний электрооборудования». Это положило начало массовому применению метода во всех энергосистемах. А опыт применения тепловидения в ПАО «Ленэнерго» показал его значительную эффективность, особенно при контроле контактных соединений. Так, например, при первом обследовании распределительного устройства отбраковывается до 1 - 2 % всех контактных соединений, что реально позволяет предотвратить аварийные ситуации.

Тепловизионной метод с успехом применяют при контроле систем охлаждения, состояния активной стали, подшипников, обмоток, систем возбуждения и щеточно-контактного аппарата крупных электрических машин. На силовых трансформаторах тепловидение позволяет выявлять очаги

возникновения полей рассеяния, нарушения в работе охлаждения, дефекты маслonaполненных вводов и токоведущих частей. При обследовании коммутационных аппаратов инфракрасной диагностике подлежат токосъемные и дугогасительные устройства, аппаратные зажимы и вводы. Контролю подлежат также измерительные трансформаторы, вентильные разрядники, ограничители перенапряжения, воздушные линии электропередач, опорная и подвесная изоляции.

Говоря о возможностях и опыте применения тепловидения для решения задач диагностики электроэнергетического оборудования, следует указать следующие достоинства этого метода:

- позволяет получать такую информацию об объектах обследования, которую получить другими методами невозможно или технически настолько сложно, что теряется экономическая целесообразность работы;

- тепловидение дает возможность проведения обследования большого количества объектов в кратчайшие сроки и с минимальными затратами;

- обследования проводятся без вывода из эксплуатации объекта диагностики и при его номинальных параметрах работы;

- широкий спектр объектов для применения метода позволяет эффективно использовать тепловизионную систему как в целях энерго- и ресурсосбережения, так и для повышения надежности и эффективности работы инженерных систем, снижения аварийности, повышения уровня безопасности оборудования, снижения затрат на его эксплуатацию.

#### **Библиографический список**

1. Соловьёв Р.Ю., Соломашкин А.А., Воронов А.Н. Тепловой метод диагностирования свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Тр. ГОСНИТИ / Всерос. науч.-исслед. технол. ин-т ремонта и эксплуатации машин.-трактор. парка. – М., 2013; Т. 112, ч. 2. - С. 34-36.

2. [URL] <http://infopedia.su/12xbc5e.html>

### **АСУ ТП ЮГО-ЗАПАДНОЙ ТЭЦ**

Основными проблемами при эксплуатации систем автоматизации тепломеханического и электротехнического оборудования (ТМО и ЭТО), на Юго-Западной ТЭЦ, реализованных с использованием различных технических и программных средств, являются необходимость создания связи и определения оптимального и достаточного объема обмена информацией между ними, принципы контроля и управления. Для решения данных проблем была создана единая АСУТП ТМО и ЭТО на базе единого программно-технического комплекса.

Исходя из поставленной задачи, в АСУТП Юго-Западной ТЭЦ был внедрен комплекс необходимых алгоритмов контроля и управления, который включает в себя:

- сбор и первичную обработку, а также распределение информации, получаемой от различных источников;

- предоставление информации на операторских станциях и в печатном виде;

- системы автоматического регулирования, обеспечивающие управление оборудованием в стандартных, переходных и аварийных режимах работы [1];

- технологические защиты и защитные блокировки;

- автоматическое логическое управление, технологические и электротехнические блокировки;

- контроль и самодиагностику программных и технических средств ПТК;

-архивацию информации;

-расчёт технико-экономических показателей работы ТЭЦ;

Единая АСУТП тепломеханического и электротехнического оборудования выполнена на базе программно-технического комплекса SPPAT-3000 разработки компании Siemens[2].

Архитектура ПТК АСУТП Юго-Западной ТЭЦ представляет наличие трёх уровней его иерархии.

Нижний уровень обеспечивает функции системы по сбору информации и выдаче управляющих воздействий на исполнительные механизмы. Нижний уровень реализован на базе станций ввода/вывода ET-200, шкафов промежуточных реле и кроссовых шкафов.

Средний уровень-уровень серверов автоматизации, состоящий из резервированных серверов автоматизации S7-400, каждый из которых управляет своей технологической зоной, а также двух резервируемых серверов приложений.

Верхний уровень отвечает за предоставление информации, оперативный контроль и управление, анализ текущей и ретроспективной информации, которые осуществляются с единого центрального щита управления ТЭЦ, с организованными постоянными рабочими местами, которые реализованы на базе взаимозаменяемых, резервируемых и равнозначных персональных компьютеров с использованием web-технологий [3].

Для усиления надежности работы комплекса технологических защит и защитных блокировок применены решения:

-основной объем контролируемых параметров, участвующих в технологических защитах, выполнен на аналоговых датчиках;

-входные сигналы от первичных средств измерений распределены на разные рейки ET-200 и модули, имеющие независимое электрическое питание;

-информация от дискретных датчиков, участвующих в технологических защитах, поступает на независимые входные модули;

-реализован принцип деградация - исключение неисправного датчика из схемы защит и переход ее работы на ступень ниже.

В настоящее время на Юго-Западной ТЭЦ успешно эксплуатируется единая АСУТП тепломеханического и электротехнического оборудования, реализованная на базе ПТК SPPA-t3000 с едиными принципами контроля и управления, верхним уровнем, архивом данных и техническими средствами.

Итак, внедренная система АСУТП обеспечивает надежную работу оборудования во всём диапазоне нагрузок и во всех режимах за счет разработанных алгоритмов автоматических защит, блокировок и программ логического управления, также достигнута высокая степень автоматизации технологических процессов, электротехнического оборудования и процедур обслуживания оборудования АСУТП ТЭЦ.

Единая система АСУТП сокращает инвестиционные и эксплуатационные расходы за счёт администрирования и обслуживания одной системы, а также уменьшения количества запасных частей.

### **Библиографический список**

1. Инструкция по эксплуатации водогрейных котлов типа КВГМ-70-150. – СПб.: Инженерный центр, 2008. – 67 с.
2. ГОСТ 24.104-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования. - М.: Изд-во стандартов, 1987. – 18 с.
3. Бабкин К.В. и др. Опыт внедрения единой АСУТП тепломеханического и электротехнического оборудования на Юго-Западной ТЭЦ// Тепловые электростанции, 2014. № 7. С. 16-22.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СЕТЯХ ЭВМ

Защита данных в компьютерных сетях становится одной из самых важных проблем в современных информационно-вычислительных системах. К сегодняшнему дню сформулировано три базовых принципа информационной безопасности, задачей которой является обеспечение [1]:

- целостности данных - защита от сбоев, ведущих к потере информации или ее уничтожения;
- конфиденциальности информации;
- доступности информации для авторизованных пользователей.

При рассматривании проблемы, связанной с защитой данных в сети, возникает вопрос о классификации сбоев и несанкционированности доступа, что ведет к потере или нежелательному изменению данных [2]. Это могут быть:

- сбои оборудования (кабельной системы, дисковых систем, серверов, рабочих станций и т.д.);
- потери информации (из-за инфицирования компьютерными вирусами, неправильного хранения архивных данных, нарушений прав доступа к данным);
- некорректная работа пользователей и обслуживающего персонала.

Перечисленные выше нарушения работы в сети вызвали необходимость создания различных видов защиты информации. Их можно разделить на три класса:

- средства физической защиты;
- программные средства (антивирусные программы, системы разграничения полномочий, программные средства контроля доступа);

- административные меры защиты (доступ в помещения, разработка стратегий безопасности фирмы и т.д.).

Одним из средств физической защиты являются системы архивирования и дублирования информации [3]. В локальных сетях, где установлены один или два сервера, обычно система устанавливается прямо в свободные слоты серверов. В крупных корпоративных сетях преимущество отдается выделенному специализированному архивационному серверу, который автоматически архивирует информацию с жестких дисков серверов и рабочих станций в конкретное время, установленное администратором сети, выдавая отчет о проведенном резервном копировании. Наиболее распространенными моделями архивированных серверов являются Storage Express System корпорации Intel ARCserve for Windows.

Для борьбы с компьютерными вирусами часто применяются антивирусные программы, реже - аппаратные средства защиты. Однако, в последнее время обнаруживается стремление к сочетанию программных и аппаратных методов защиты. Корпорация Intel предложила многообещающую технологию защиты от вирусов в сетях, суть которой заключается в сканировании систем компьютеров еще до их загрузки. Кроме антивирусных программ, проблема защиты информации в компьютерных сетях решается введением контроля доступа и разграничением полномочий пользователя. Для этого применяются встроенные средства сетевых операционных систем, крупнейшим производителем которых является корпорация Novell. В системе, например, NetWare, кроме стандартных средств ограничения доступа (смена паролей, разграничение полномочий), предугадана возможность шифровки данных по принципу "открытого ключа" с формированием электронной подписи для передаваемых по сети пакетов.

Смарт-карты управления доступом дают возможность реализовать такие функции, как контроль входа, доступ к устройствам ПК, к программам, файлам и командам. Одним из успешных примеров создания комплексного решения для контроля доступа в открытых системах, основанного как на

программных, так и на аппаратных средствах защиты, стала система Kerberos, в основу которой входят три компонента:

- база данных, которая содержит информацию по всем сетевым ресурсам, пользователям, паролям, информационным ключам и т.д. ;

- авторизационный сервер (authentication server) , задачей которого является обработка запросов пользователей на предоставление того или иного вида сетевых услуг. Получая запрос, он обращается к базе данных и определяет полномочия пользователя на совершение определенной операции. Пароли пользователей по сети не передаются, тем самым, повышая степень защиты информации;

- Ticket-granting server (сервер выдачи разрешений) получает от авторизационного сервера "пропуск" с именем пользователя и его сетевым адресом, временем запроса, а также уникальный "ключ". Пакет, содержащий "пропуск", передается также в зашифрованном виде. Сервер выдачи разрешений после получения и расшифровки "пропуска" проверяет запрос, сравнивает "ключи" и при тождественности дает "добро" на использование сетевой аппаратуры или программ.

В настоящее время разработаны особые устройства контроля доступа к вычислительным сетям по коммутируемым линиям. Примером может служить, разработанный фирмой AT&T модуль Remote Port Security Device (RPSD) , состоящий из двух блоков размером с обычный модем: RPSD Lock (замок) , устанавливаемый в центральном офисе, и RPSD Key (ключ) , подключаемый к модему удаленного пользователя. RPSD Key и Lock, позволяют устанавливать несколько уровней защиты и контроля доступа:

- шифрование данных, передаваемых по линии при помощи генерируемых цифровых ключей;

- контроль доступа с учетом дня недели или времени суток.

### **Библиографический список**

1. Бройдо В.Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебник для вузов.- 2-е изд. — СПб.: Питер, 2006. — 703 с.

2. Мельников Ю.Н. Методы и средства защиты информации: учебное пособие по курсу (<http://www.melnikoff.com/yuri/posobie.htm>).

3. Хорев П.Б. Методы и средства защиты информации в компьютерных системах. учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Изд. центр «Академия», 2005. — 256 с.

## **УДК 630**

М.Р. Григорьев

магистрант II курса ВШТЭ СПбГУПТД

Ю.Л. Морева

к.х.н., доц. каф. ООС и РИПР ВШТЭ СПбГУПТД

### **ЛОКАЛИЗАЦИЯ ФИЛЬТРАТА НА ПОЛИГОНАХ ТКО**

Одной из самых серьезных проблем во всём мире является утилизация, переработка и обезвреживание твердых коммунальных отходов. В первую очередь это касается больших густонаселенных городов, где идет образование миллионов кубометров отходов в год. Это в первую очередь связано с увеличением роста потребления, особенно за последние десятилетия. Чем выше уровень государства, тем большее количество отходов потребления приходится на душу населения. Если, например, в России человек в год производит 400 кг отходов, то в США этот показатель может составлять 800 – 1000 кг. [1].

Любой тип полигона, так или иначе, оказывает негативное влияние на окружающую среду, воздействуя как на отдельные составляющие, так и на экосистему в целом. Воздействие продолжается на протяжении всего жизненного цикла полигона, при этом оно может как усиливаться, так и ослабевать в зависимости от этапа. Основными факторами, которые влияют на окружающую среду, являются биогаз и фильтрат, которые могут продолжать выделяться даже после закрытия полигона. Поэтому на стадии проектирования и строительства предусматриваются специальные системы локализации, сбора и отведения фильтрата.

Существуют следующие основные технологии обустройства объектов размещения отходов (ОРО): противофильтрационные устройства, дренажные системы, ограждающие устройства.

Противофильтрационные устройства ОРО предназначены для предотвращения негативного воздействия размещаемых отходов на подземные воды и недра путем предотвращения прямого контакта отходов и подземных вод и исключения фильтрации жидкой фазы из ОРО вместе с растворенными в ней токсичными веществами. Они должны быть выполнены из материалов устойчивых к воздействию веществ, входящих в состав отходов, а также к физическим и механическим воздействиям [2].

Различают два основных типа противофильтрационных устройств: противофильтрационные экраны и противофильтрационные завесы. В соответствии с НДТ на полигонах ТКО необходимо устанавливать противофильтрационные экраны (ПФЭ) [1]. ПФЭ бывают из природных (глинистые грунты с коэффициентом фильтрации) и искусственных материалов, а также комплексные противофильтрационные экраны.

Для выбора оптимального решения все основные ПФЭ и их характеристики были сведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, лучшим решением является установка ПФЭ из бентонитовых матов. Они имеют наименьший коэффициент фильтрации, долговечны, прочные и достаточно тонкие.

Сегодня на рынке можно встретить много марок бентонитовых. В табл. 2 приведены их основные характеристики. В результате анализа характеристик, наиболее предпочтительной является марка VenTex.

После установки ПФЭ необходимо организовать дренажную сеть, которая будет обеспечивать отвод фильтрата в накопитель. Элементами локализации фильтрата служат: рельеф, трубчатая дренажная сеть, приемные колодцы, противофильтрационный экран.

## Характеристики ПФЭ

Материал	Достоинства	Недостатки
Гидроизолирующий слой из бентонитовых матов	<p>Высокие противofильтрационные свойства;</p> <p>способность к "самозалечиванию";</p> <p>высокая устойчивость к механическим и химическим воздействиям;</p> <p>долговечность;</p> <p>прочность;</p> <p>тонкий, что позволяет увеличить объем размещаемых отходов;</p> <p>низкая сложность монтажа;</p> <p><b>коэффициент фильтрации</b>  <math>0,7 \times 10^{-11}</math> м/с.</p>	<p>Нельзя устанавливать в стоячей воде;</p> <p>ограничения по кислотности фильтрата рН 5-10;</p> <p>стоимость материала.</p>
Гидроизолирующий слой из геомембраны	<p>Изоляция фильтрата;</p> <p>устойчивость к агрессивным средам;</p> <p>прочность;</p> <p>устойчивость к процессам гниения;</p> <p>тонкий, что позволяет увеличить объем размещаемых отходов;</p> <p>средняя сложность монтажа;</p> <p><b>Коэффициент фильтрации</b>  <math>2,8 \times 10^{-11}</math> м/с.</p>	<p>Риск повреждения в процессе укладки;</p> <p>сложность ремонта при эксплуатации полигона;</p> <p>стоимость материала.</p>
Противofильтрационный экран из глинистых грунтов	<p>Высокая устойчивость к механическим и химическим воздействиям;</p> <p>высокая эффективность предотвращения просачивания фильтративных вод в подземные воды;</p> <p>способность к "самозалечиванию" дефектов (трещин и т.п.);</p> <p>низкая стоимость;</p> <p>средняя сложность монтажа;</p> <p><b>Коэффициент фильтрации</b>  <math>2,0 \times 10^{-7}</math> м/с.</p>	<p>Риск возникновения трещин;</p> <p>необходимость достаточного объема материала на месте, большая толщина, что уменьшает объемы размещаемых отходов.</p>

## Характеристика бентонитовых матов

	Коэффициент фильтрации, м/с	Толщина материала, мм	Содержание бентонитовых гранул, кг/м <sup>2</sup>	Размеры матов, м
Bentolock SL 10	$5 \cdot 10^{-11}$	6,4	4,9	-
BenTex	$1 \cdot 10^{-11}$	6,4	4,8	5,0 x 40
Bentofix EN ISO	$2 \cdot 10^{-11}$	6,0	-	4,85 x 50
CEMtoben CS-Plus	$2 \cdot 10^{-15}$	$\geq 8$	5	3,60 x 30
BentIzol SAB5	$< 1 \cdot 10^{-11}$	6,5	5	5,0 x 40

Дренаж состоит из системы наклонных дрен и двух коллекторов, расположенных поверх экрана и усыпанных гравийно-песчаной смесью. Трубы дрен и коллекторов изготовлены из полиэтилена высокого давления. Фильтрат из тела полигона должен поступать в трубы, а из труб в коллекторы, из которых собирается в резервуар накопитель (рис. 1) [3,4].

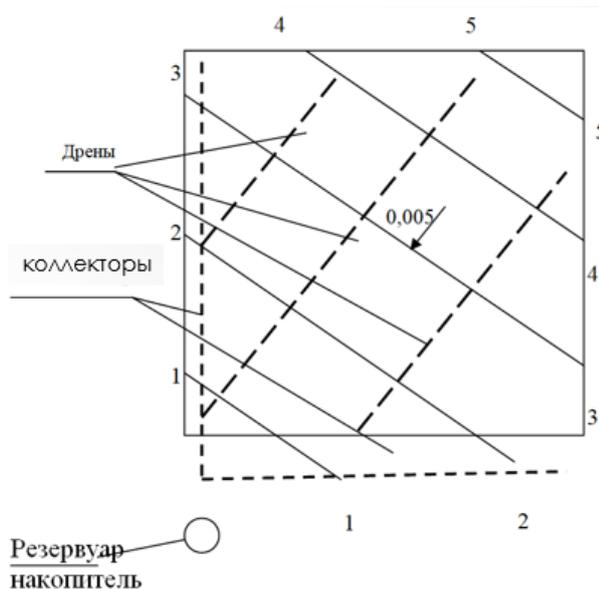


Рис. 1. Компоновка дренажной сети в полигоне ТКО

После того как установили трубы и обсыпали их щебёнкой, сверху все закрывается гравийно-песчаной смесью и формируется слой крупнозернистого песка.

Итоговая конструкция противофильтрационного защитного экрана и дренажа представлена на рис. 2.

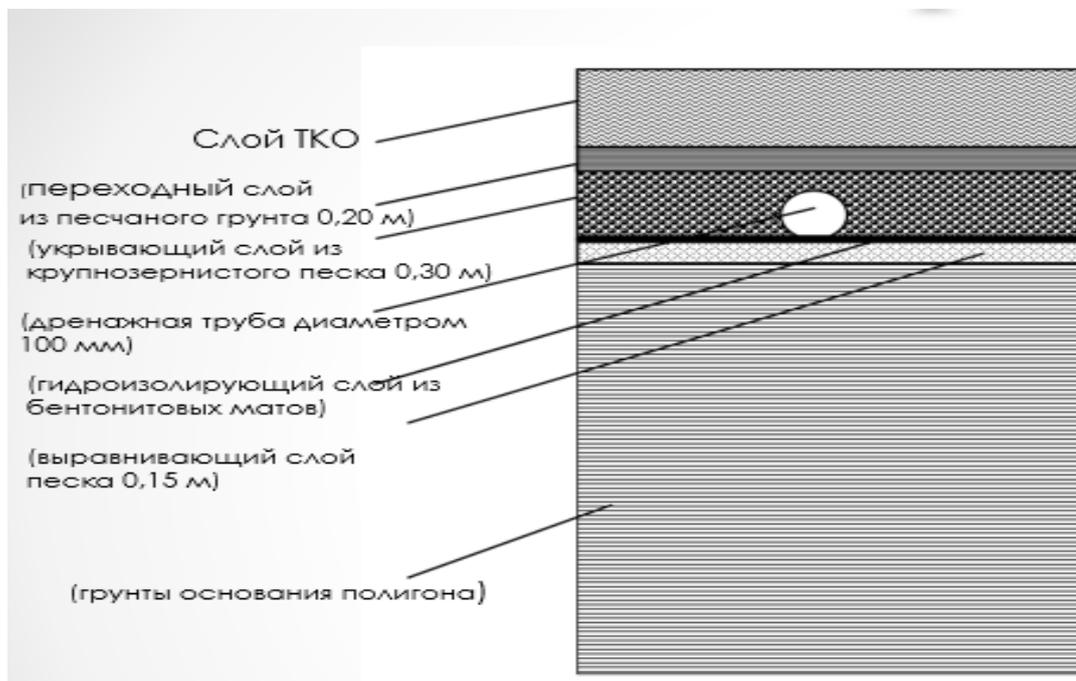


Рис. 2. Конструкция противофильтрационного защитного экрана и дренажа

Из накопителя фильтрат поступает на локальные очистные сооружения. Очищенный фильтрат используется для санитарной обработки автотранспорта, для предотвращения пыления на полигоне (орошение полигона) и как вода для пожаротушения.

### Библиографический список

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 17-2016 Размещение отходов производства и потребления. – М.: Бюро НДТ. 2016. 181 с.
2. Лотош В.Е. Фундаментальные отходы природопользования. Переработка отходов природопользования. - Екатеринбург: Полиграфист, 2007. Кн. 3. - 503 с.
3. Разработка способа защиты грунтовых вод от загрязнения в местах

складирования твердых бытовых отходов [Электронный ресурс] – Режим доступа - <http://www.bestreferat.ru/referat - 413026.html> - 02.12.2013 - Загл. с экрана.

4. Рекомендации по проектированию, строительству и рекультивации полигонов ТБО - Режим доступа [http://www.ecoproof.ru/upload/library/tbo\\_brochure\\_pru.pdf](http://www.ecoproof.ru/upload/library/tbo_brochure_pru.pdf).

**УДК 630.271**

А.Г. Здоровцева

магистрант II курса ВШТЭ СПбГУПТД,

Е.Н. Волкова

д.с-х.н. проф. каф. ООС и РИПР ВШТЭ СПбГУПТД

## **ДИАГНОСТИКА БИОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОЙ СВАЛКИ**

Актуальность изучения степени загрязненности почвы в том, что современная наука заинтересована в поиске альтернативных методов исследования этого природного объекта, не прибегая к дорогим приборным методам, но дающим точный и быстрый результат относительно токсичности почв для живых организмов.

Одним из направлений таких исследований является биоиндикация – метод, основанный на фиксации изменений в живых организмах и сравнении этих изменений с контрольными показателями.

Цель работы - оценка токсичности почвы, отобранной в зоне влияния несанкционированной свалки, используя биологические методы.

Объект исследования – загрязненная почва, предмет – токсичность почвы для живых организмов.

Задачами исследования являются: определение фитотоксичности проб, наиболее загрязненных свинцом и сурьмой.

Во время поиска объекта для изучения была обнаружена несанкционированная свалка в промышленной зоне Всеволожского района, недалеко от метро «Дыбенко». Площадь территории, подвергшейся загрязнению, составляет около 4252 м<sup>2</sup>. С данной территории с различных мест были отобраны почвенные пробы с глубины 20 см.

При исследовании на рентгенофлуоресцентном аппарате проб № 2 и № 4 было выявлено, что сурьма в валовой форме содержится в концентрации 129 ПДК (проба № 4), свинец в концентрации 37,5 ПДК (проба № 2) и 28 ПДК (проба № 4).

Избыток свинца в растениях, связанный с его высокой концентрацией в почве, ингибирует дыхание, подавляет процесс фотосинтеза, может приводить к увеличению содержания кадмия и снижению поступления фосфора, кальция, серы, цинка. Вследствие этого снижается урожайность растений и резко ухудшается качество производимой продукции. Внешние признаки негативного воздействия свинца – появление темно-зеленых листьев, скручивание старых листьев, чахлая листва [1].

Сурьма оказывает более сильное влияние на биоту, чем свинец и относится к умеренно опасным веществам. Сурьму рассматривают как опасный поллютант почв в США и ЕС. По своей токсичности, распространенности и способности накапливаться она входит в первую десятку наиболее опасных загрязнителей биосферы. Загрязнение почв техногенной сурьмой происходит вблизи предприятий цветной и черной металлургии, при производстве цемента, кирпича, а также при сжигании угля [2].

Так как вышеуказанные металлы содержатся в валовой форме, необходимо провести исследование кислотно-основных свойств почвы (агрохимические показатели), поскольку они влияют на подвижность элементов, которыми она загрязнена.

Сумма обменных оснований определялась по Каппену-Гильковицу [3]. Полученные значения варьировались от 10,15 до 12 мг-экв/100 г почвы в

исследовании 2017 г., от 11,18 до 12,28 мг-экв/100 г почвы в исследовании 2018 г. Значения свидетельствуют о среднем содержании обменных оснований, в результате чего можно сделать вывод, что почва плодородна. Гидролитическая кислотность определялась по методике [4], основанной на полном извлечении ионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$ . Полученные значения варьировались от 0,35 до 2,1 мг-экв/100 г почвы в исследовании 2018 г. и равны 1,75 мг-экв/100 г почвы в исследовании 2017 г. Результаты эксперимента говорят о том, что в почве преобладают коллоиды с сильно выраженными базоидными (основными) свойствами.

Сравнив данные 2017 г. и 2018 г., можно сказать, что сумма обменных оснований во 2-й пробе увеличилось на 2,3 %, а в 4-й – на 14,3 %. Это говорит о том, что в почве происходят незначительные колебания в содержании катионов кальция, магния, аммония. Также можно сказать, что в почве происходят процессы, способствующие снижению кислотности почв.

Обменная кислотность почвы определялась потенциметрически [5]. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что почва имеет нейтрально-щелочную среду.

Для определения влияния усвояемых живыми организмами форм вышеуказанных металлов и оценки биотоксичности исследованных проб были выбраны наиболее распространенные биоиндикаторы – инфузории *Paramecium caudatum* и семена овса.

При определении фитотоксичности по измененной «рулонной» методике были проведены исследования, используя в качестве модельного тест-растения семена овса, которые дают наиболее стабильные и воспроизводимые данные по сравнению с семенами других культур.

Средняя длина корней исследованных образцов колеблется от 12,49 до 12,94 см, а в контрольной пробе составила 7,98 см. Наибольшая длина проростков овса прослеживается в пробе № 4, а наименьшая длина – в пробе № 2.

Небольшая длина корней проростков в фоновой пробе (12,63 см) может объясняться пониженным содержанием веществ, стимулирующих рост. В результате эксперимента установлено, что фитотоксическое действие на проростки овса отсутствует во всех почвенных пробах.

Результаты тест-реакции свидетельствуют о достаточно благоприятных условиях для развития растений в зоне влияния данного полигона, либо о недостаточной чувствительности биоиндикатора.

Биотестирование с использованием инфузорий *Paramecium caudatum* показало, что во время исследования инфузории не потеряли своей подвижности, а изменений в поведении не наблюдалось. Так как общая гибель инфузорий составляет менее 10 %, почву можно назвать слаботоксичной.

Сравнивая результаты по фитотоксичности и по биотестированию на инфузориях, можно сказать, что они коррелируют между собой и подтверждают друг друга.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что названные металлы не оказывают токсического влияния на проростки овса, чувствительного к тяжелым металлам и не влияют на показатели жизнедеятельности инфузорий. Это может быть обусловлено нахождением свинца и сурьмы в связанном виде, либо с непродолжительностью воздействия металлов.

### **Библиографический список**

1. Еськова, Е.Н. Влияние свинца на содержание хлорофилла в листьях ярового ячменя / Е.Н. Еськова // Проблемы современной аграрной науки: материалы международной заочной научной конференции. Красноярск: КГАУ – 2015. – С. 21-22.

2. Водяницкий Ю.Н. Экотоксикологическая оценка опасности тяжелых металлов и металлоидов в почве / Ю.Н. Водяницкий // Агрохимия. – 2012. – № 2. – С. 75-84.

3. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО [Текст]: ГОСТ 26212-91. – взамен ГОСТ 26212-84. – введ. 1993-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1992.

4. Почвы. Метод определения обменной кислотности [Текст]: ГОСТ 26484-85. – введ. 1985-03-26. – Сб. ГОСТов. - М.: Издательство стандартов, 1985.

5. Лабораторно-практические занятия по почвоведению: учебное пособие / М. В. Новицкий, И. Н. Донских, Д. В. Чернов и др. – СПб.: Проспект Науки, 2009. – 320 с.

## **УДК 66.023.2**

Ю.А. Лялина  
студентка IV курса ВШТЭ СПбГУПТД,  
Н.А. Анисимова  
д.х.н., проф. каф. ОХ ВШТЭ СПбГУПТД

### **ИЗУЧЕНИЕ ВОДОРОДНЫХ СВЯЗЕЙ В СОСТАВЕ КАРТОНА**

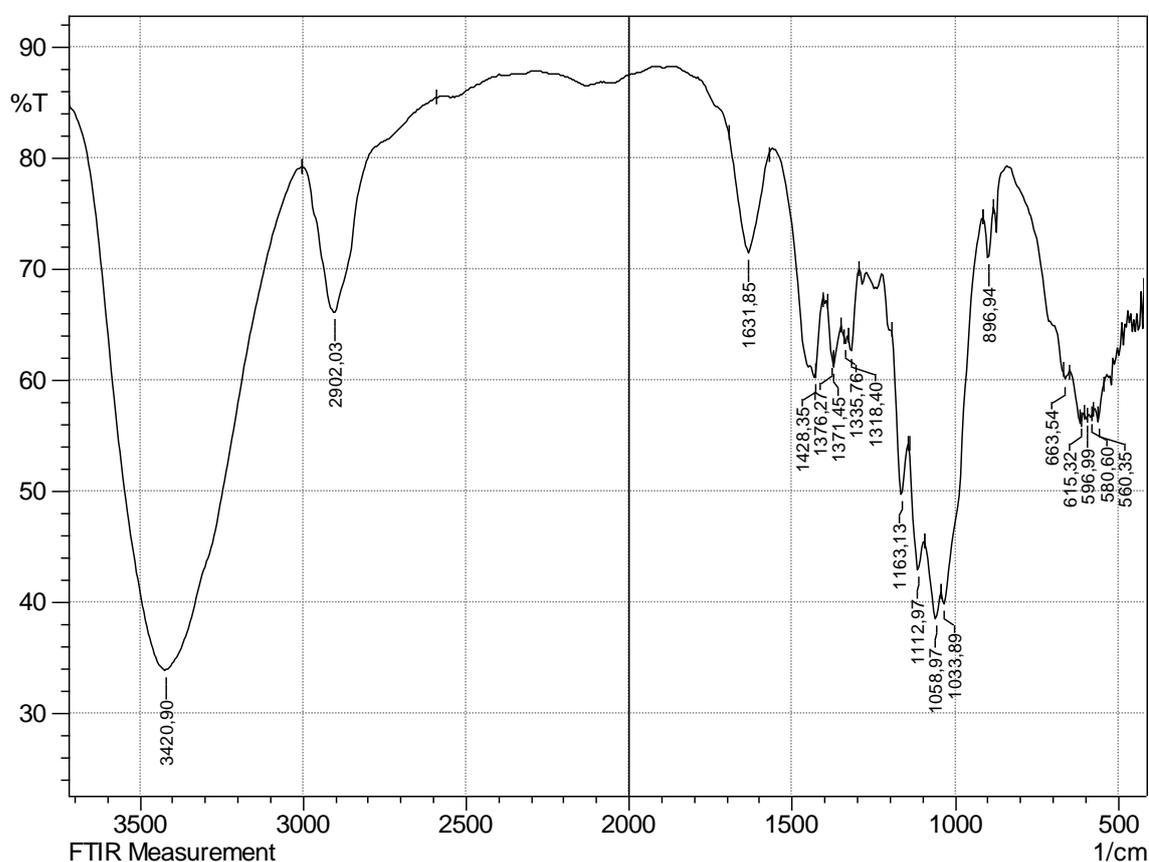
Известно, что водородные связи играют ключевую роль в формировании надмолекулярной структуры природных соединений и определяют совокупность параметров физической структуры и физико-химических свойств этих соединений. Так, в молекуле природной целлюлозы водородные связи способствуют образованию упорядоченной складчатой структуры, что обуславливает высокую степень ее кристалличности до 90 %.

Интерес к водородным связям в составе картона обусловлен их влиянием на механические показатели картона (разрывную длину, сопротивление продавливанию, жесткость, сопротивление расслаиванию).

Основным сырьем для производства картона на сегодняшний день является макулатура. За последние пять лет доля использования макулатуры при производстве плоских слоев гофрокартона увеличилась с 20 % до 55 %, что вызвано существенным различием между стоимостью целлюлозы (около

40 000 руб/т) и макулатуры (около 10 - 12 000 руб/т). Разница между ценами на целлюлозу и макулатуру определяет актуальность исследований, посвященных подготовке макулатуры для производства картона. В работах [1] (Мидукова Н.П., проф. Курова В.С., проф. Смолина А.С.) показаны задачи и пути их решения, нацеленные на опытно-промышленные выработки картона для плоских слоев гофрокартона с белым слоем с использованием инновационных технологий подготовки макулатуры.

По этой причине представлялось интересным изучить наличие водородных связей, определить их природу и показать их влияние на свойства картона, приготовленного традиционным (мокрым) способом.



ИК спектр исследуемого образца картона

Нами был получен ИК-спектр (Фурье-спектрометр Shimadzu IR «Prestige-21» в KBr) образца исследуемого картона. Показано, что, несмотря на предварительную технологическую обработку используемой в картоне целлюлозы в ИК-спектре присутствует характеристическая широкая и

интенсивная полоса в области  $3200-3550 \text{ см}^{-1}$ , отвечающая валентным колебаниям, что свидетельствует о достаточном количестве водородных связей в изучаемом образце[2]. Для установления природы водородных связей (внутри- и межмолекулярные, межслоевые и др.) и их локализации необходимы дальнейшие более глубокие исследования с привлечением современных физико-химических методов исследования.

### **Библиографический список**

1. Мидуков Н.П. и др. Сухой способ диспергирования волокон для последующего производства картона // Химия растительного сырья, 2018. № 3. С. 279-286.
2. Сухов Д. А. Анализ взаимосвязи строения и свойств целлюлозных волокон по их колебательным спектрам: дисс ... д-ра хим. наук. - СПб., 2001.- 314 с.

**УДК621.187.11**

А.О. Макаревич

магистрант II курса ВШТЭ СПбГУПТД,

Ю.Л. Морева

к.х.н., доц. каф.ООС и РИПР ВШТЭ СПбГУПТД

## **РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ВОДОПОТРЕБЛЕНИИ НА ТЭЦ**

Оборудование современных электростанций эксплуатируется при высоких тепловых нагрузках, что требует жесткого ограничения толщины отложений на поверхностях нагрева по условиям температурного режима их металла в течение рабочей кампании. Такие отложения образуются из примесей, поступающих в циклы электростанций, в том числе и с добавочной водой, поэтому обеспечение высокого качества водных теплоносителей электростанции является важнейшей задачей. Использование водного

теплоносителя высокого качества упрощает также решение задач получения чистого пара, минимизации скоростей коррозии конструктивных материалов котлов, турбин и оборудования конденсатно-питательного тракта.

Для удовлетворения разнообразных требований к качеству воды, потребляемой при выработке электрической и тепловой энергии, возникает необходимость ее специальной физико-химической обработки. Подготовка воды осуществляется в специальном цехе, который называется цех «Химводоочистки» (ХВО). За этим цехом закреплена задача организации и контроля за водно-химическим режимом всех групп оборудования [2].

Химически подготовленная вода является, по существу, исходным сырьем, которое после надлежащей обработки (отчистки) используется для следующих целей: а) в качестве исходного вещества для получения пара в котлах, парогенераторах, испарителях, паропреобразователях; б) для конденсации отработавшего в паровых турбинах пара; в) для охлаждения различных аппаратов и агрегатов станции; г) в качестве теплоносителя в тепловых сетях и системах горячего водоснабжения.

Одновременно с очисткой природной воды на электростанциях необходимо решать комплексно вопросы, связанные с утилизацией различными методами образующихся при этом сточных вод и осадков. Такое решение является мерой защиты от загрязнения природных источников питьевого и промышленного водоснабжения [1].

Выбор метода обработки воды, составление общей схемы технологического процесса при применении различных методов, определение требований, предъявляемых к качеству ее, существенно зависят от состава исходных вод, типа электростанции, параметров ее, применяемого основного оборудования (паровых котлов, турбин), системы теплофикации и горячего водоснабжения. Водоподготовительная установка (ВПУ) на ТЭЦ призвана восполнять потери водного теплоносителя в основном контуре. Существует большое количество возможных вариантов схем водоподготовки для получения обессоленной воды на ТЭС.

Наибольшее распространение в нашей стране получила технология химического обессоливания на базе проточных ионитных фильтров (рис. 1).

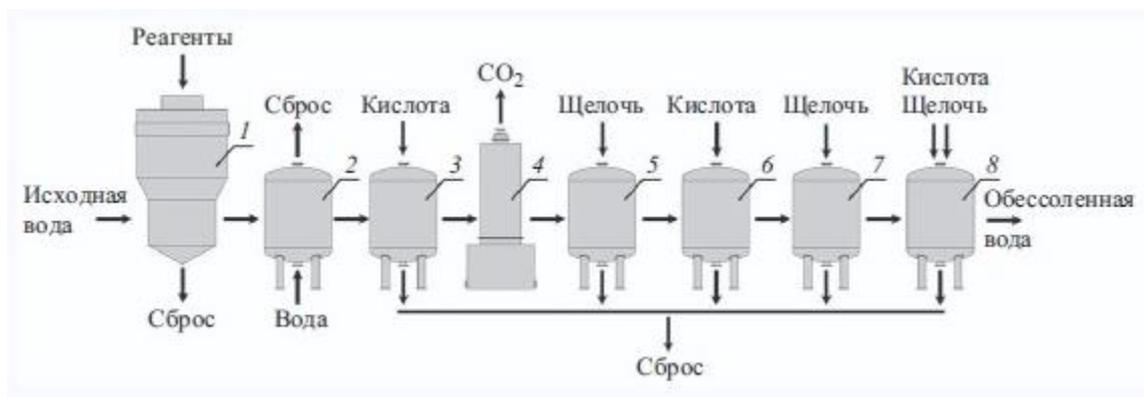


Рис. 1. Традиционная принципиальная технологическая схема подготовки обессоленной воды на электростанциях:

1 – осветлитель; 2 – механический фильтр; 3,6 - катионообменные фильтры; 4 - декарбонизатор; 5,7 - анионообменные фильтры; 8 – фильтр смешанного действия

Эта технология применяется уже несколько десятилетий и показала себя вполне надежной для вод малой и средней минерализации (менее 5 мг-экв/дм<sup>3</sup>). Для вод с высокой минерализацией (более 5 мг- экв/дм<sup>3</sup>) или при повышенном содержании органических соединений (ХПК >20 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) используют термическое обессоливание [1].

Некоторые новые ВПУ основаны на применении обратного осмоса для деминерализации воды с использованием в качестве предочистки традиционных технологий (осветлителей, механических фильтров). Примерами таковых являются ВПУ ТЭЦ-12 ОАО «Мосэнерго», ТЭЦ ОАО «Северсталь», Уфимская ТЭЦ-1, ОАО «Ивановские ПГУ» (рис. 2). Использование обратного осмоса дает возможность извлекать на одной ступени очистки до 96-98% солей, что близко к эффективности одной ступени ионного обмена.

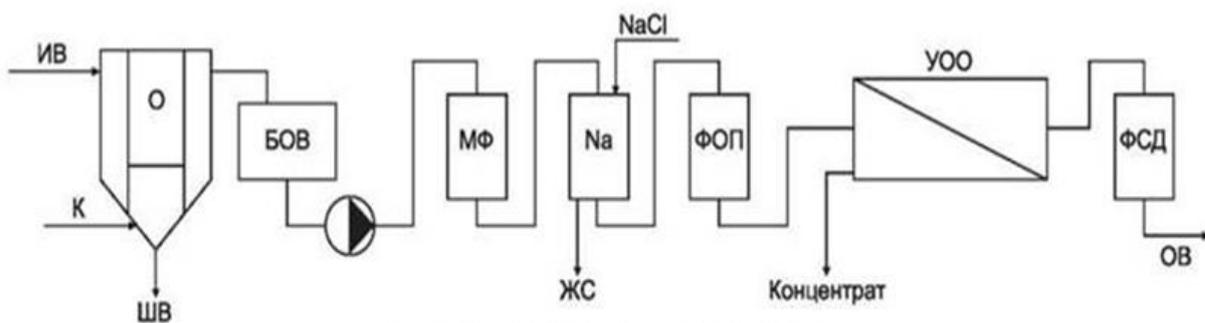


Рис. 2. Схема водоподготовки с доочисткой обратным осмосом:

ИВ – исходная вода; О – осветлитель; БОВ – бак осветленной воды; МФ – механический фильтр; Na – Na-катионитный фильтр; ФОП – фильтр-органопоглотитель; К – коагулянт; ШВ – шлам; ОВ – обессоленная вода; ЖС – элюат; УОО – установка обратного осмоса; ФСД – фильтр смешанного действия

Система доочистки пермеата может состоять из ступени ионного обмена с отдельным Н- и ОН-ионированием (прямоточным или противоточным), и (или) с фильтром смешанного действия. Поскольку на такую установку поступает частично обессоленная вода, ресурс фильтров значителен и достигает десятков и сотен тысяч кубических метров.

Совместное использование ультрафильтрации и обратного осмоса дает возможность создать малореагентную систему водоподготовки для получения фильтрата с удельной электропроводностью на уровне 1-5 мкСм/см. В таких схемах дальнейшее доведение качества воды до нормативных значений обычно производится ионообменным методом (рис. 3).

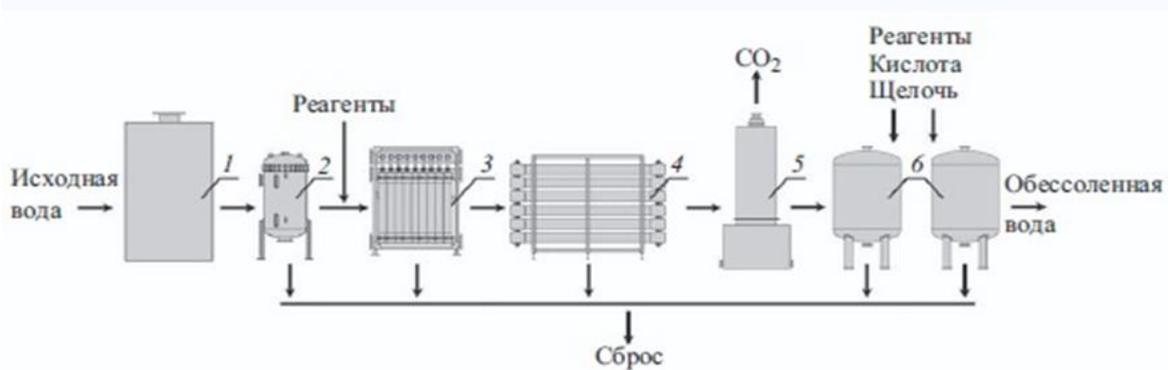


Рис. 3. Схема комбинированной водоподготовки на ТЭЦ:

1 – емкость разрыва струи с деаэратором; 2 – фильтр тонкой очистки; 3 – установка ультрафильтрации; 4 – установка обратного осмоса; 5 – декарбонизатор; 6 – ионнообменные фильтры

Основным недостатком всех мембранных систем является достаточно низкий коэффициент использования исходной воды. Если в традиционной ионообменной схеме с коагуляцией и механической фильтрацией собственные нужды составляют 10-20 %, то для типичного сочетания ультрафильтрации и обратного осмоса этот показатель 40-50 %. Однако следует учитывать, что концентраты от установок ультрафильтрации и обратного осмоса по содержанию солей часто находятся в пределах нормируемых значений и могут быть беспрепятственно сброшены.

Комбинированные мембранно-ионообменные схемы, имеющие высокую степень экономической эффективности и надежности, являются оптимальным и рекомендуемым методом при реконструкции существующих ВПУ, где уже имеются ионообменные фильтры, реагентное хозяйство и системы сбора и нейтрализации стоков. Количество концентрированных сточных вод и расход реагентов в этом случае в десятки раз меньше, чем при чисто ионообменной схеме. Полученные сточные воды могут быть разбавлены до допустимых норм концентратом мембранных установок.

С точки зрения обеспечения минимального расхода реагентов и охраны окружающей среды при высоком качестве обессоленной воды наибольшую эффективность имеют комплексные ВПУ, состоящие исключительно из мембранных модулей различного назначения: ультра- и нанофильтрации, обратного осмоса, мембранной дегазации и электродеионизации, называемых в целом - интегрированные мембранные технологии (ИМТ) [3, 4].

В комплексной мембранной установке (рис. 4) вода доочищается на узле электродеионизации. Электродеионизация (ЭДИ, EDI) - это процесс непрерывного обессоливания воды с использованием ионообменных смол, ионоселективных мембран и постоянного электрического поля.

Основным недостатком всех мембранных систем является достаточно низкий коэффициент использования исходной воды.

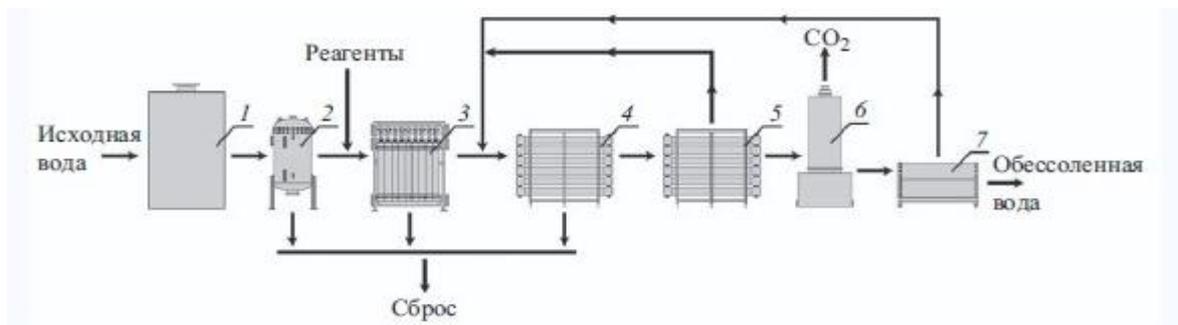


Рис. 4. Схема комплексной установки для подготовки обессоленной воды:

1 – емкость разрыва струи с деаэратором; 2 – фильтр тонкой очистки; 3 – установка ультрафильтрации; 4 – установка обратного осмоса первой ступени; 5 – установка обратного осмоса второй ступени; 6 - декарбонизатор; 7 – установка электродеионизации

Если в традиционной ионообменной схеме с коагуляцией и механической фильтрацией собственные нужды составляют 10-20 %, то для типичного сочетания ультрафильтрации и обратного осмоса этот показатель 40-50 %. Однако следует учитывать, что концентраты от установок ультрафильтрации и обратного осмоса по солесодержанию часто находятся в пределах нормируемых значений и могут быть беспрепятственно сброшены.

#### Библиографический список

1. СО 153-34.20.501-2003 (РД 34.20.501-95). Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Утв. Приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 19 июня 2003 г. № 229. - М.: СПО ОРГРЭС, 2003.
2. Опыт освоения новых технологий обработки воды на ТЭС / Б.М. Ларин, А.Н. Коротков, М.Ю. Опарин и др. // Теплоэнергетика, 2010. № 8. - С. 8-13.
3. Проектные решения водоподготовительных установок на основе мембранных технологий / А.А. Пантелеев, Б.Е. Рябчиков, А.В. Жадан и др. // Теплоэнергетика, 2012. № 7. - С. 30-36.
4. Пуск системы водоподготовки ПГУ-410 на Краснодарской ТЭЦ / А.А. Пантелеев, А.В.Жадан, С.Л. Громов и др. // Теплоэнергетика, 2012. № 7. - С. 37-39.

С.Б. Михайлова

магистрант II курса ВШТЭ СПбГУПТД

А.Б. Дягилева

проф. д.х.н. каф. ООС и РИП ВШТЭ СПбГУПТД

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОРОСОДЕРЖАЩЕГО ПОТОКА НА РАЗВИТИЕ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ**

Одним из приоритетных направлений современного агропромышленного комплекса является создание качественной экологически чистой продукции [1,2], которая обеспечивает устойчивое развитие человека. Производство зерна составляет основную часть агропродовольственного комплекса Российской Федерации и является наиболее крупной отраслью сельского хозяйства, от развития которой в значительной степени зависит продовольственная безопасность страны [1,2]. Повышение биопродуктивности территорий и выращивание на них зерновых культур можно рассматривать в качестве основного технического приема реализации стратегии развития зернового комплекса РФ, однако это направление хозяйственной деятельности требует активного развития комплексных исследований в области экологической агрохимии.

Как известно, на рост и развитие зерновых культур в первую очередь влияют климатические условия. Дефицит влаги или смещение баланса между процессами распада и синтеза органических веществ в почве приводят к ослаблению злаковых культур и требуют, как правило, дополнительных подкормок. Кроме того, ослабленные растения подвергаются наиболее часто заболеванию, вызванному фитопатогенными грибами (корневые гнили, бурая и стеблевая ржавчина и т.д.), которые представляют угрозу как для хранения, так и для воспроизводства зерновых культур промышленным способом. Большинство этих болезней поражают семенной материал и для сохранения качества этого ценного материала принято использовать специальные

химические препараты. Протравленные семена накапливают токсичные вещества и, попадая в почву, могут оказывать негативное воздействие как на окружающую среду, так и на само растение. К негативным воздействием следует отнести риск накопления токсикантов в плодородном слое, подземных и поверхностных водах. Кроме того, следует особенно выделить риск влияния этих веществ на здоровье человека при употреблении продуктов земледелия [2].

Наиболее часто для протравливания используют химически опасные вещества, которые относятся к 1-му и 2-му классу опасности [3], такие как: гранозан, тебуконазол, формалин и др.

Экологически чистое земледелие на сегодняшний день наиболее актуально и приемы «зеленой химии» [4] в полном объеме могут быть реализованы для получения новых безопасных препаратов для стимуляции роста и обеспечения продолжительного питания злаковой культуры. Причем эти продукты могут быть синтезированы из вторичных растительных компонентов и зольных остатков, которые получены при использовании этого растительного сырья в виде энергоносителя.

На кафедре охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов совместно с Научно-исследовательским агрофизическим институтом проводились исследования по влиянию коросодержащего потока сточных вод целлюлозно-бумажных производств и композиций на его основе на развитие высших растений. Для этого в лабораторных условиях была приготовлена модельная вода [5] по технологии, приближенной к формированию коросодержащей сточной воды древесно-подготовительного цеха [6,7]. Исходная цветность модельной воды составила 4000 ° ПКШ.

В качестве объекта исследования была выбрана мягкая яровая пшеница «РАДА» урожая 2017 года. Эксперименты по исследованию влияния модельной воды на процесс прорастания зерна показали, что в зависимости от концентрации органических веществ, которые перешли в водную вытяжку, интенсивность развития ростков пшеницы и длина корневой системы

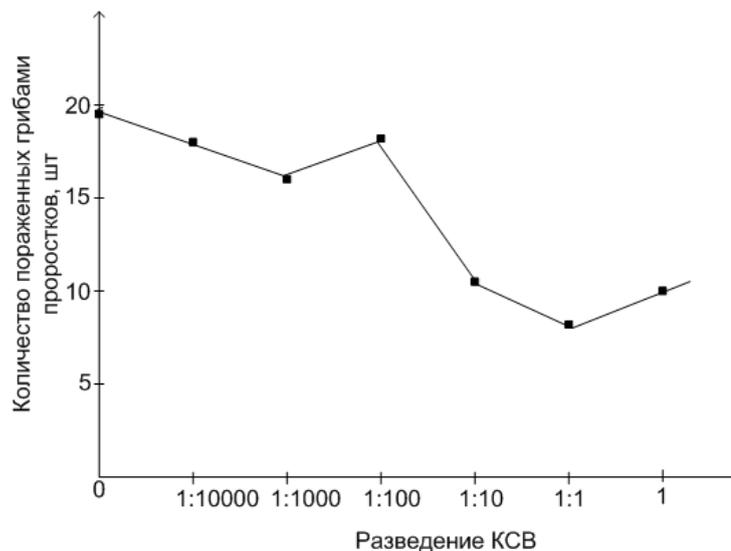
существенно варьируется от условий введения этой композиции в систему. В таблице представлены основные результаты исследования, где показано, как органические вещества коросодержащего потока в ряде случаев могут стимулировать рост как корней, так и стебля (пробы 5 и 6) или, напротив, подавлять рост семян (пробы 1-3, 7). Позитивный эффект роста отмечается при кратности разбавления модельной водой 1:1 и 1:10.

#### Зависимость некоторых биометрических показателей от кратности разбавления

Разбавление КСВ		Среднее значение		Прирост, %	
		Корень, см	Росток, см	Корень, см	Росток, см
1	контроль	9,903529	7,582353	0	0
2	1:10000	6,402469	5,860494	-35,35	-22,71
3	1:1000	7,235366	8,275309	-26,94	9,14
4	1:100	9,182667	7,745333	-7,27	2,15
5	1:10	13,2	10,90345	33,28	43,8
6	1:1	13,297	10,89625	34,26	43,7
7	1	8,826744	7,873256	-10,87	3,83

Также было отмечено, что коросодержащая вода при соответствующем разбавлении оказывает влияние на развитие фитопатогенных микроорганизмов грибов семейства *Aspergillaceae*. На рисунке представлена зависимость, которая показывает, что с уменьшением степени разведения модельной воды патогенные микроорганизмы на седьмые сутки проявляют меньшую активность.

Таким образом, коросодержащая сточная вода может являться экологически безопасным компонентом для стимуляции роста растений и снижать влияние фитопатогенных микроорганизмов.



Зависимость количества пораженных грибами проростков от кратности  
разведения КСВ

### Библиографический список

1. О долгосрочной стратегии развития агропромышленного комплекса Российской Федерации/Аналитический вестник, 2018. № 10 (699) [Электронный ресурс]// [URL:http://council.gov.ru/media/files/fWLOrakraPBDj1xsbmVfic7V3nJLaCMga.pdf](http://council.gov.ru/media/files/fWLOrakraPBDj1xsbmVfic7V3nJLaCMga.pdf) (дата обращения 20.12.2018)
2. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации на 2016-2025 годы и на перспективу до 2030 года [Электронный ресурс]//URL:<http://www.gproxx.com/http://mcx.ru/upload/iblock/04c/04c91c2c72fbd773540ec908f9410edd.pdf> (дата обращения 20.12.2018)
3. Пшеничные катаклизмы: основные проблемы при выращивании зерновых [Электронный ресурс ]// Интернет-журнал «Агротехника и технология» URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/26535-pshenichnye-kataklizmy/> (дата обращения 20.12.2018)
4. Протравливание как химический метод борьбы с болезнями растений.- М: МСХА им. К.А. Тимирязева, зооинженерный факультет: [Электронный ресурс]// URL: <http://www.activestudy.info/> ( дата обращения: 20.12.2018)

5. Зеленая химия/ МГУ имени М.В. Ломоносова [Электронный ресурс]// URL: <http://www.msu.ru/science/news/uchenyu-iz-mgu-rasskazala-o-primenenii-zelenoy-khimii-v-promyshlennosti.html>?( дата обращения 20.12.2018)
6. Дягилева А.Б., Михайлова С.Б. Перспективные технологии для очистки коросодержащего потока сточных вод // Инновации в науке и практике / сборник статей по материалам IV научно-практической конференции (19 декабря 2017., г Барнаул ) в 4-х частях Уфа : Изд.-во Дендра, 2017 С. 6-11.
7. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИСТ 1-2015 Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона// Росстандарт 15.12.2015

## **УДК 66.011**

С.Б. Михайлова, А.Э. Оревинина  
магистранты II курса ВШТЭ СПбГУПТД,  
А.О. Никифоров  
к.т.н., доц., зав. каф. ПАХТ ВШТЭ СПбГУПТД

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В КАСКАДЕ РЕАКТОРОВ ИДЕАЛЬНОГО СМЕШЕНИЯ**

Реакторы идеального смешения характеризуются постоянством концентрации реагирующих веществ во всем объеме реактора в данный момент времени вследствие практически мгновенного смешения реагирующих веществ в реакционном объеме [1].

Каскады таких реакторов применяются в различных производственных процессах (нитрование, сульфирование, полимеризация и т.д.) для обеспечения глубокой степени превращения исходных компонентов, что снижает образование побочных продуктов.

Решение задач, связанных с поиском оптимальных условий проведения химических реакций, имеет важное значение при выборе эксплуатационных параметров реакторов.

В данном случае под оптимальными условиями понимается оптимальное время ( $\tau_{\text{опт}}$ ) пребывания реагентов в реакторе, и оптимальная температура ( $T_{\text{опт}}$ ) в реакторе, обеспечивающие максимальное или минимальное значение заданного критерия [1,2].

Критерием оптимальности в данной работе является концентрация целевого продукта на выходе из реактора ( $R_{\text{опт}}$ ). Соответственно, целевая функция для постановки задачи оптимизации выражается в виде зависимости критерия оптимальности от искомых параметров  $T$  и  $\tau$ .

Таким образом, задача оптимизации сводится к нахождению значений  $T_{\text{опт}}$  и  $\tau_{\text{опт}}$ , обеспечивающих экстремум целевой функции, при наличии

ограничений в виде гидродинамических уравнений при условии  $\sum_{i=1}^N \tau_i = \tau$ .

Процесс в каскаде при установившемся режиме описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} x_{i-1} - x_i - \tau K(T_i)x_i = 0 \\ \sum_{i=1}^2 \tau_i = \tau \\ K(T_i) = \frac{Ek_0}{RT_0^2} T_i + k_0 \left(1 - \frac{E}{RT_0}\right), \end{cases}$$

где  $K(T) = \frac{Ek_0}{RT_0^2} T + k_0 \left(1 - \frac{E}{RT_0}\right)$  – температурный коэффициент (константа скорости реакции), закон Аррениуса в линейной форме;

$T$  - абсолютная температура реакции;

$T_0$  - расчетное значение абсолютной температуры;

$k_0$  - постоянный множитель температурного коэффициента;

$E$  - энергия активации;

$R$  - универсальная газовая постоянная.

Для реакции типа  $A \xrightarrow{1} P \xrightarrow{2} S$  скорости изменения концентраций реагентов А и Р аналитически выражаются следующим образом:

$$\omega_A = -K(T_1)x_A$$

$$\omega_p = K(T_1)x_A - K(T_2)x_p$$

Стационарный режим определяется системой гидродинамических уравнений для реагентов А и Р при условии  $\tau_1 = \tau_2 = \tau$ :

$$x_A^{(0)} - x_A - \tau K(T_1)x_A = 0$$

$$x_p^{(0)} - x_p + \tau(K(T_1)x_A - K(T_2)x_p) = 0$$

В результате решения данной системы находим концентрации реагентов на выходе из реактора:

$$x_A = \frac{x_A^{(0)}}{1 + \tau K(T_1)}$$

$$x_p = \frac{x_p^{(0)} + \tau K(T_1) \cdot (x_A^{(0)} - x_p^{(0)})}{(1 + \tau K(T_1))(1 + \tau K(T_2))}$$

Критерием оптимальности является максимальная концентрация (степень превращения) продукта Р на выходе из реактора. В данном конкретном случае  $x_p^{(0)} = 0$ , отсюда выражение для критерия оптимальности принимает вид:

$$R_{opt} = x_p = x_A^{(0)} \frac{\tau K(T_1)}{(1 + \tau K(T_1))(1 + \tau K(T_2))},$$

где  $K(T_1) = k_{01} \cdot e^{-E_1/RT_1}$  и  $K(T_2) = k_{02} \cdot e^{-E_2/RT_2}$  - константы скорости реакций;

$\tau$  - время пребывания частиц в реакторе;

R – универсальная газовая постоянная;

$T_1$  – температура реагента А;

$T_2$  – температура реагента Р.

Для решения данной задачи используется метод Лагранжа, реализуемый в среде MathCad. Для использования этого метода необходимо прежде всего привести выражение для критерия оптимальности к виду обобщенной целевой функции с неопределенными множителями Лагранжа [3].

Прологарифмировав выражение для концентрации ключевого реагента на выходе из каскада реакторов ( $x_p$ ), получаем:

$$\ln x_p = \ln x_0 + \ln \tau + \ln K(T_1) - \ln [1 + \tau K(T_1)] - \ln [1 + \tau K(T_2)]$$

Вводим следующие обозначения:

$$\ln x_p = y_1$$

$$\ln [1 + \tau \cdot K(T_1)] = y_2$$

$$\ln [1 + \tau \cdot K(T_2)] = y_3$$

$$\ln x_0 = a_0$$

$$\ln \tau = a_1$$

$$\ln K(T_1) = a_2$$

Выражение для ограничения по времени пребывания реагента в каскаде следует из вышеизложенных обозначений:

$$\frac{\exp(y_2) - 1}{K(T_1)} + \frac{\exp(y_3) - 1}{K(T_2)} = \tau$$

или что, то же самое:

$$a_3 y_4 - a_3 + a_4 y_5 - a_4 - \tau = 0,$$

где  $a_3 = \frac{1}{K(T_1)}$ ;  $a_4 = \frac{1}{K(T_2)}$ ;  $\exp(y_2) = y_4$ ;  $\exp(y_3) = y_5$ .

С учетом вышеизложенного задача отыскания оптимальных значений переменных в данном случае выглядит следующим образом:  $y_1 \rightarrow \max$ .

Таким образом, для решения поставленной задачи в среде MathCad мы преобразуем выражение для критерия оптимальности в обобщенное целевое уравнение с учетом неопределенных множителей Лагранжа и ограничений.

### **Библиографический список**

1. Ефремов Г.И. Оптимизация каскада реакторов идеального смешения // Теоретические основы химической технологии. – 2016. – Т. 50. – № 6. – С.714-719.

2. Ефремов Г.И. Моделирование химико-технологических процессов [Текст]: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2016.

3. Асламова В.С., Васильев И.В., Засухина О.А. Оптимизация технологических процессов. Часть 1. Метод Лагранжа и численные методы безусловной оптимизации функции одной переменной: учебное пособие для

студентов дневной и заочной форм обучения специальности "Автоматизация технологических процессов" - Ангарск: АГТА, 2005. Ч.1 - 104 с.

**УДК 697.34**

А.Д. Монашенко  
магистрант II курса ВШТЭ СПбГУПТД,  
Н.Н. Гладышев  
к.т.н., доц. каф. ТСУ и ТД ВШТЭ СПбГУПТД

## **ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В РОССИЙСКИХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Режимы регулирования систем теплоснабжения в том виде, в котором они существуют на сегодняшний день, не обеспечивают высококачественного энергосберегающего покрытия тепловых нагрузок у потребителей тепловой энергии.

Центральное качественное регулирование характеризуется очень большой инерционностью, а количественное не осуществимо ввиду высокой степени износа тепловых сетей. Удельная аварийность для трубопроводов диаметром 1400 мм составляет 1 аварию в год на 1 км длины, а для труб меньшего диаметра – около 6 аварий [1].

Групповое и местное регулирование на ЦТП и ИТП не гарантирует соблюдения требуемого температурного режима у всех потребителей. В разных частях квартальных сетей параметры теплоносителя могут существенно различаться. Это говорит о том, что тепловая энергия распределяется по различным потребителям от ЦТП неравномерно.

Наличие ИТП не исключает переотапливания и недоотапливания потребителей на верхних и нижних этажах. Наладка местных систем теплоснабжения при помощи дроссельных шайб не гарантирует полного устранения горизонтальных и вертикальных разрегулировок в отопительных стояках [2].

Помимо всего вышесказанного, в существующих системах теплоснабжения огромная часть отпускаемой тепловой энергии теряется в окружающую среду. В различных частях теплосети потери тепловой энергии могут достигать 30 % ввиду плохого качества тепловой изоляции и наличия утечек через неплотности соединения трубопроводов. При переотапливании отдельных помещений потребители вынуждены открывать форточки, вследствие чего часть тепловой энергии уходит на улицу, а не на поддержание требуемой температуры воздуха внутри помещения. По этим причинам расход топлива на источниках теплоснабжения существенно завышен.

Недостатки работы всех частей (пунктов) систем теплоснабжения, которые исключаются при переходе на комбинированные системы теплоснабжения с теплонасосными установками, приведены в таблице.

Переход к комбинированным системам теплоснабжения с ТНУ решает все вышеуказанные проблемы: центральное, групповое и местное регулирование не потребуется ввиду постоянства тепловой нагрузки испарителя ТНУ в течение всего отопительного периода. Тепловой насос будет потреблять электрическую энергию, количество которой будет зависеть от температуры воздуха внутри помещения, заданной потребителем, и температуры наружного воздуха.

Внедрение тепловых насосов позволит перейти от морально устаревших систем теплоснабжения с центральным качественным и количественным регулированием на ЦТП и ИТП к современным энергосберегающим системам. Подобные системы обеспечат высококачественное теплоснабжение, режим которого будет определять сам потребитель.

## Недостатки работы отдельных пунктов систем теплоснабжения

Пункт системы теплоснабжения		Недостаток работы
Источник теплоснабжения	Водогрейная котельная	Высокая инерционность качественного регулирования, в основном реализуется грубая регулировка при помощи пуска и останова отдельных котлоагрегатов
	Паровая котельная	Высокая инерционность качественного регулирования, однако возможна более тонкая регулировка при помощи изменения расхода пара на подогреватели сетевой воды
	ТЭЦ	Высокая инерционность качественного регулирования, однако возможна более тонкая регулировка при помощи изменения расхода пара на подогреватели сетевой воды
Центральный тепловой пункт		ЦТП не гарантирует равномерного распределения тепловой энергии по всем потребителям, ведется контроль за средней температурой воды в квартальной сети
Индивидуальный тепловой пункт		ИТП не исключает вертикальных и горизонтальных разрегулировок по отопительным стоякам: некоторые потребители будут перетапливаться, а некоторые - недотапливаться
Отопительный прибор с терморегулятором		При прикрытии терморегулятора теплоноситель возвращается на источник теплоснабжения с большей температурой, чем предписано температурным графиком

### Библиографический список

1. Зубков В.А. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения // Теплоэнергетика, 1996. №2. С. 17- 20.
2. Шаратов В.И., Ротов П.В. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения. М.: Изд-во «Новости теплоснабжения», 2007. – 164 с.

Г.А. Морозов  
магистрант I курса ВШТЭ СПбГУПТД,  
А.М. Хлыновский  
к.т.н., доцент ВШТЭ СПбГУПТД

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ВОЗДУШНОГО ОТОПЛЕНИЯ

В качестве теплоносителя для обогрева помещений используют наружный воздух. Это позволяет в одной системе объединить функции отопления и вентиляции, что приводит к существенной экономии топливно-энергетических ресурсов. Системы воздушного отопления при возможности конструируют с рециркуляцией, когда воздух частично или полностью забирается не снаружи, а из отапливаемого помещения.

Рециркуляция воздуха не допускается:

- в помещениях, в которых максимальный расход наружного воздуха определяется массой выделяющихся вредных веществ 1-го и 2-го классов опасности;
- помещениях, в воздухе которых имеются болезнетворные бактерии или грибки в опасных концентрациях, устанавливаемых Минздравом России, либо резко выраженные неприятные запахи;
- помещениях, в которых имеются вредные вещества, возгоняющиеся при соприкосновении с нагретыми поверхностями воздухонагревателей, если перед воздухонагревателем не предусмотрена очистка воздуха;
- помещениях категорий А и Б (кроме воздушных или воздушно-тепловых завес у наружных ворот и дверей);
- пятиметровых зонах вокруг оборудования, расположенного в помещениях категорий В, если в этих зонах могут образовываться взрывоопасные смеси из горючих газов, паров, аэрозолей с воздухом;

- системах местных отсосов вредных веществ и взрывоопасных смесей с воздухом;
- тамбурах-шлюзах;
- лабораторных помещениях научно-исследовательского назначения, в которых могут производиться работы с вредными или горючими газами, парами и аэрозолями.

Рециркуляция воздуха допускается в системах местных отсосов пылевоздушных смесей (кроме взрывоопасных пылевоздушных смесей) после их очистки от пыли.

Расход воздуха  $L_v$ , м<sup>3</sup>/ч, для воздушного отопления, не совмещенного с вентиляцией, определяют по формуле

$$L_v = \frac{3,6 \cdot Q_{пр}}{c \cdot (t_{пр} - t_v)}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $Q_{пр}$  — тепловой поток для отопления помещения, Вт;  $c$  — теплоемкость воздуха, кДж/(м<sup>3</sup>·°С);  $t_{пр}$  — температура приточного воздуха, подаваемого в помещение, °С;  $t_v$  — температура воздуха в помещении, °С.

Температуру приточного воздуха, подаваемого в помещение аппаратами воздушного отопления и предварительно нагреваемого в воздухонагревателе, определяют по формуле

$$t_{пр} = t_n + \Delta t + 0.001 \cdot P, \text{ °С},$$

где  $t_n$  — температура наружного воздуха, °С;  $\Delta t$  — изменение температуры воздуха в воздухонагревателе, °С;  $P$  — полное давление воздуха после вентилятора, Па.

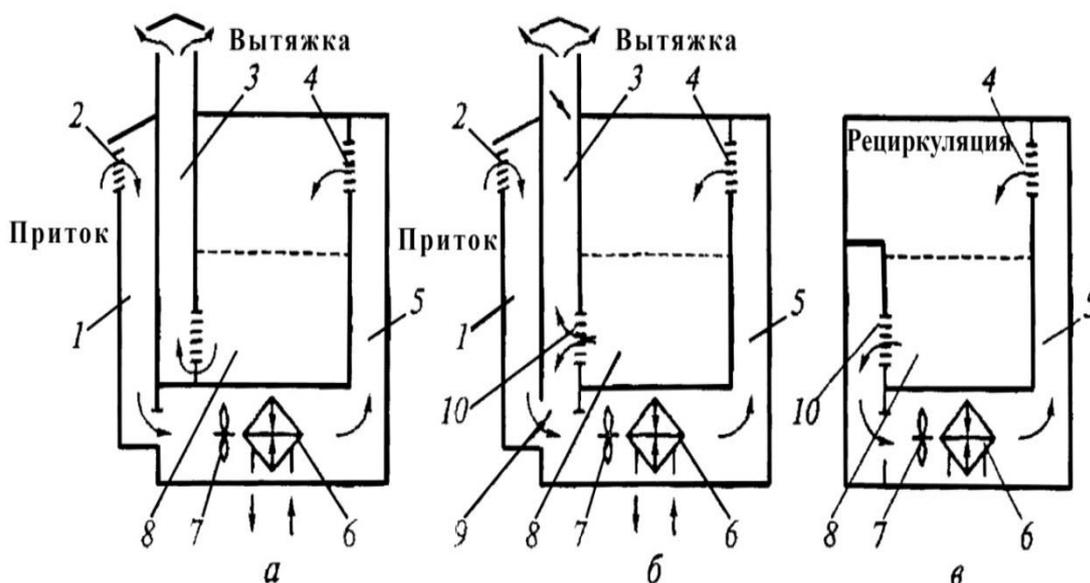
При разработке воздушного отопления для надежности его работы нужно предусматривать резервный вентилятор или устанавливать не менее двух отопительных агрегатов.

Температура подаваемого в помещение подогретого воздуха должна быть не менее чем на 20 % ниже температуры самовоспламенения газов, паров, аэрозолей и пыли, выделяющихся в помещении.

При нагревании воздуха в приточных и рециркуляционных установках следует принимать температуру теплоносителя (воды, пара и др.) воздухонагревателей и теплоотдающих поверхностей электрических воздухонагревателей, а также газовых воздухонагревателей в соответствии с категорией помещений для вентиляционного оборудования или назначением помещения, в котором размещены указанные установки, но не выше 150°С.

Системы воздушного отопления классифицируют по следующим признакам:

- по виду энергоносителя — системы с водяными, паровыми, электрическими, газовыми калориферами;
- характеру перемещения нагреваемого воздуха — с естественной и принудительной циркуляцией, создаваемой вентилятором;
- схеме вентилирования отапливаемых помещений — прямоточные (рис. а), с частичной (рис. б) и полной (рис. в) рециркуляцией;



Схемы систем воздушного отопления

а — прямоточная; б — с частичной рециркуляцией; в — полностью рециркуляционная; 1 — воздухозаборная шахта; 2, 4, 10 — решетки; 3 — выбросная шахта; 5 — приточный воздуховод; 6 — калорифер; 7 — вентилятор; 8 — рабочая зона; 9 — клапан

– месту нагревания воздуха — местные (нагревание воздуха местными отопительными агрегатами) и центральные (нагревание воздуха в общем центральном агрегате с последующей транспортировкой его по отапливаемым помещениям).

К достоинствам систем воздушного отопления следует отнести:

– снижение первоначальных затрат за счет сокращения расходов на отопительные приборы и трубопроводы;

– обеспечение высоких санитарно-гигиенических условий воздушной среды в помещениях благодаря более равномерному распределению температуры воздуха в объеме помещения, предварительному обеспыливанию и увлажнению воздуха.

Среди недостатков систем воздушного отопления можно выделить:

– значительные размеры воздуховодов; большие потери теплоты при движении воздуха по протяженным воздуховодам.

**УДК 665.73.75**

А.Д. Мостовой

студент III курса ВШТЭ СПбГУПТД

И.А. Труханова

ассистент каф. АТПиП ВШТЭ СПбГУПТД

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЗУТНОГО ХОЗЯЙСТВА ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ АСТРАХАНСКОЙ ТЭЦ-2)**

Электростанции, вырабатывающие электроэнергию посредством преобразования химической энергии топлива в механическую энергию вращения вала электрогенератора, называются тепловыми электростанциями (ТЭС). В эксплуатации ТЭС используется энергия природного топлива. Она выделяется при сжигании мазута, природного газа и т.д. Мазут может

быть как основным топливом, так и резервным (например, в зимнее время), а также аварийным [3].

Мазутные хозяйства тепловых электростанций (МХ ТЭС) – важное звено в системе теплообеспечивающего комплекса, которое гарантирует бесперебойную подачу основного и резервного топлива. Это достаточно сложный комплекс, который состоит из сооружений, аппаратов и трубопроводов [1].

На МХ Астраханской ТЭЦ-2 были выявлены следующие проблемы с теплоизоляцией или её полным отсутствием на баках-хранилищах резервного мазута и мазутопроводах. Устранение данных проблем может изменить в положительную динамику эффективности работы данного объекта в целом.

На рисунке 1 обозначены проблемы на Астраханской ТЭЦ-2.



Мазутопроводы



Бак-хранилище мазута

Рис.1 - Вид проблемных участков теплоизоляции мазутопроводов и бака-хранилища мазута

Возможные пути повышения эффективности эксплуатации мазутного хозяйства:

1. Проведение изоляционных работ мазутных баков и трубопроводов с целью уменьшения тепловых потерь с их поверхности.

2. Оборудование теплодатчиками трубопроводы подачи пара на мазутное хозяйство с целью контроля работы данного звена.

3. Проведение замеров и расчетов тепловой мощности мазутных подогревателей и их сравнение с паспортными значениями для определения сроков проведения очистки внутренних поверхностей [2].

На Астраханской ТЭЦ-2 для приема, хранения и подготовки мазута к сжиганию на мазутном хозяйстве смонтированы два металлических бака:

- емкость- 20000 м<sup>3</sup>;
- тип: стальной, цилиндрический, наземный;
- диаметр 39000 мм;
- высота 17900 мм;
- объем мазута: (высший уровень) - 19100 м<sup>3</sup>,  
(низший предельный уровень) - 1000 мм;
- «мертвый» остаток мазута - 1180 т;
- подогрев мазута (t пара) - 85-90 °С.

Проведенные замеры измерителем плотности ИПП-2 в зимний период 2017 года в пределах изменения температуры окружающей среды от -10 °С до +10 °С температуры и плотности теплового потока с поверхности мазутохранилищ на различных высотах (рисунок 2) и мазутопроводов показали потери тепловой энергии.



Рис. 2 - Точки замера температур и плотностей теплового потока на мазутохранилищах

На рисунке 3 показаны результаты потерь тепловой энергии с резервуаров, определенные экспериментальным путем, на котором визуализированы достаточно высокие потери с резервуаров. В связи с этим предлагается нанесение теплоизоляционного слоя и минеральная вата на баки и мазутопроводы (рисунок 4).



Рис. 3 - Потери тепловой энергии с резервуаров в зависимости от температуры окружающей среды



Рис. 4 - Изолирование резервуара

Обобщая вышесказанное можно сделать следующие выводы:

- потери за отопительный период составляют для баков 3051 Гкал и 518 Гкал для мазутопроводов;
- качество теплоизоляции мазутопроводов можно считать неудовлетворительным;
- отсутствие тепловой изоляции на мазутных баках;
- при соблюдении предложенных мер увеличится ресурсосбережение;
- экономия при данных мероприятиях составит:
  - для баков за каждый отопительный период 1025378 рублей.
  - для мазутопроводов 43964 рублей.

В итоге в среднем по экономическим расчетам срок окупаемости данных мероприятий в среднем составит 3,7 отапливаемого сезона, что является весомым показателем эффективности эксплуатации мазутного хозяйства.

### **Библиографический список**

1. Бродянский В.М. О терминологической базе современной инженерной термодинамики // Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности: материалы 5-й рос. научн. конф. Т.1.- Ульяновск: УлГТУ, 2006. С. 18-27.
2. Ильин Р.А. Эксергетическая оценка эффективности использования тепловых насосов // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, 2006. Приложение №8. С. 43-46.
3. Паскарь Б.Л. Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем: письменные лекции. - СПб.: СЗТУ, 2004. - 36 с.

С.С. Сазанович

магистрант II курса ВШТЭ СПбГУПТД,

А.И. Шишкин

к.т.н., ст. н. с., проф. каф. ООС и РИПР ВШТЭ СПбГУПТД

## **ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Среди важнейших проблем, поставленных наукой и практикой, особое место занимает проблемы энерго- и ресурсосбережения. Энергосбережение как составляющее ресурсосбережения, в экономике России поднято на уровень государственной политики. Главные направления и важнейшие мероприятия по развитию топливно-энергетического комплекса страны и повышению эффективности энергоиспользования отражены в законе Российской Федерации «Об энергосбережении...», подписанным Д.А. Медведевым в ноябре 2009 года [1].

Фактическое состояние и различные аспекты промышленной политики, сложившейся в последние годы, наглядно демонстрируют результаты обязательных энергетических обследований предприятий, уровень проработки и реализация программ энерго- и ресурсосбережения, достижения по созданию инфраструктуры поддержки промышленного.

Основным препятствием для реализации мероприятий по энергосбережению и ресурсосбережению являются экономические и финансовые барьеры. Среди всех барьеров самым серьезным считается слишком высокие инвестиционные затраты на проекты энергосбережения и повышения энергоэффективности. Также серьезное препятствие – постоянное и непрогнозируемое изменение тарифов на энергоносители, что затрудняет стоимостную оценку достигаемых эффектов от реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности [2].

Для создания условий, определяющих интерес к энергосбережению всех участников процесса "добыча - потребление - утилизация", разработана нормативно-законодательная база, имеющая следующий иерархический вид:

1. Конституция Российской Федерации.
2. Гражданский кодекс Российской Федерации.
3. Кодекс РФ об административных нарушениях.
4. Федеральные законы, принимаемые Государственной Думой Российской Федерации.
5. Указы президента РФ.
6. Постановления и решения Правительства РФ.
7. Региональные законы, постановления и решения администрации регионов.
8. Постановления и решения муниципальных образований.
9. Приказы и распоряжения руководителей предприятий и организаций всех форм собственности.

Также для реализации энергосберегающей политики в регионах создаются региональные нормативно-правовые базы по энергосбережению [3].

Общей целью информационных систем в сфере энерго- и ресурсосбережения является изучение и подготовка материалов для своевременного и обоснованного принятия решения на всех уровнях управления, распределения финансирования, обоснования научно-исследовательских работ и т. д. Один из видов таких систем являются специализированные базы (банки) данных, позволяющие систематизировать и обрабатывать большой массив данных, с целью выполнения не только экологических, но и любых других задач [4].

Так, в книге «Энерго- и ресурсосбережение в нефтегазохимическом комплексе» [5] применение информационных систем, в частности баз данных, осуществляется для управления энергопотреблением предприятия посредством сбора и анализа поступающей информации от локальных

источников, а также построения моделей материальных и энергетических потоков на основании этих данных.

В своей статье «Геоинформационные технологии в решении задач ресурсосбережения в строительстве линейных сооружений» [6] В.Ф. Ловягин рассматривает вариант решения задачи ресурсосбережения в процессе проектирования с использованием геоинформационных моделей для оптимизации размещения на местности проектируемого объекта.

Аналогичное применение ГИС-системам в своей работе нашёл д.т.н. Борисенко И. Б. [7]. В вопросах сельского хозяйства присутствует такое понятие, как «точное земледелие» позволяющее оценить предполагаемый участок земли по неоднородности рельефа, почвенному покрову, агрохимическому составу, что позволяет определить для каждого из участков свои дозы удобрений, средств защиты растений.

Наибольшее распространение получили геоинформационные среды мониторинга водных объектов и нормирования экологической нагрузки. Такие системы позволяют реализовать комплексный подход по оценке и ранжированию всех видов источников загрязнения с учётом их взаимовлияния, выявлению наиболее опасных загрязнителей с позиций экологического нормирования, в основе которого лежат нормативы предельнодопустимых воздействий на природные объекты. А это, в свою очередь, будет способствовать выработке рекомендаций по поддержке принятия управляющих решений с целью организации рационального природопользования.

Такие проекты позволяют анализировать и изучать следующие задачи:

- оценка качества водных объектов;
- анализ деятельности пользователей водных ресурсов;
- ранжирование водопользователей по степени воздействия;
- нормирование экологической нагрузки на водный объект с учётом бассейнового подхода;
- создание форм отчётности [8].

В результате современных тенденций, когда количество информации уже не сравнимо с её качеством, применение информационных систем является не просто приоритетным направлением, а уже необходимостью, ведь вовремя принятое решение на основании всех полученных и обработанных данных позволит свести к минимуму возможные риски. Также применение современных информационных систем позволяет прогнозировать и оценивать состояние окружающей среды, антропогенное влияние и возможности системы к самовосстановлению.

### **Библиографический список**

1. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (в ред. от 10.08.2018) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902186281> (дата обращения: 13.12.2018).
2. Элементы и контуры промышленной политики. Приоритеты промышленной политики под углом зрения энергоэффективности и энергосбережения [Электронный ресурс]. URL: [https:// portal-energo.ru/files/articles/portal-energo\\_ru\\_rossii.pdf](https://portal-energo.ru/files/articles/portal-energo_ru_rossii.pdf) (дата обращения 10.12.2018);
3. Климова, Г. Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение: учебное пособие для прикладного бакалавриата / Г. Н. Климова. — 2-е изд. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 179 с.
4. Горшков, М.В. Экологический мониторинг: учебное пособие / М.В. Горшков. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2010. – 313 с.
5. Черномуров, Ф. М. Энерго- и ресурсосбережение в нефтегазохимическом комплексе: учебное электронное текстовое издание / Ф. М. Черномуров, В. П. Ануфриев, Л. М. Теслюк; под ред. И. В. Рукавишниковой.- УрФУ. — Екатеринбург, 2014. — 247 с.
6. Ловягин, В.Ф. Геоинформационные технологии в решении задач ресурсосбережения в строительстве линейных сооружений [текст] /

В.Ф. Ловягин. – Новосибирск: СГГА, 2010 - 153 с.

7. Борисенко, И.Б. Ресурсосбережение как элемент информационных технологий [текст] / И.Б. Борисенко – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2009. С. 45-47.

8. Алексеев, В.В. Геоинформационная система мониторинга водных объектов и нормирования экологической нагрузки [текст]. / В.В. Алексеев, Н.И. Куракина, Н.В. Орлова //ArcView. – 2006. - № 1 (36). С. 9-10.

## УДК 532.513

Г. Д. Семенов

студент III курса ВШТЭ СПбГУПТД,

Г. Ю. Бутко

доц. каф. ПиАХТ ВШТЭ СПбГУПТД,

С. С. Синегубов

к.т.н., доц. каф. МАС ВШТЭ СПбГУПТД

### ПАРАДОКС «УРАВНЕНИЯ БЕРНУЛЛИ»

Уравнение Бернулли используется в теоретических расчетах и особенно при решении инженерных задач (рис. 1).

Принцип, впервые высказанный Даниилом Бернулли в 1728 г., гласит: в струе воды или воздуха давление велико, если скорость мала, и мало, если скорость велика.

Утверждение теоремы Бернулли о том, что давление в жидкости падает по мере увеличения ее скорости, не укладывался в рамки здравого смысла с момента ее появления, что и заставило Леонарда Эйлера назвать теорему Бернулли «великим парадоксом» [1, 2].

Бернулли впервые изложил теорему, устанавливающую связь между давлением, уровнем и скоростью движения тяжелой жидкости. Эта теорема является фундаментальной теоремой гидродинамики. Согласно ей, если в точках потока, находящихся на одном уровне, понижается скорость, то

должно возрасти давление. Этот результат вначале казался парадоксальным. Действительно, в то время прочно установился взгляд о возрастании давления жидкости на тело при увеличении скорости набегающей на него.

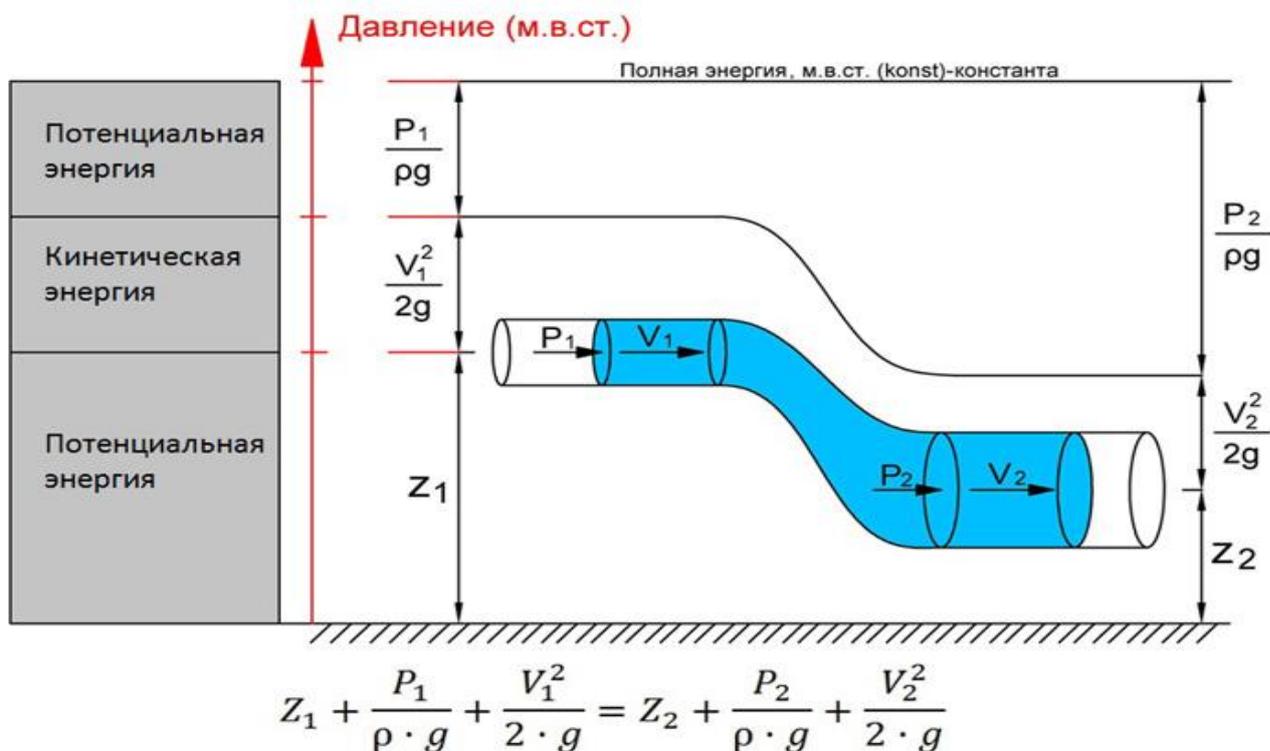


Рис. 1. Уравнение Бернулли

(Отец Даниила Бернулли, Иоганн Бернулли, сам выдающийся математик, не мог допустить мысли, что меньшая скорость может вызвать большее давление и утверждал прямо противоположное:

“...большая скорость в жидкости увеличивает натиск, с которым она действует на стенку канала, и, чем быстрее течет жидкость, тем больше она стремится расширить свой проход”.

Это противоречие было легко устранено Эйлером, который отчетливо разъяснил, что теорема Бернулли верна лишь в том случае, если следить за движением частиц одной и той же струи.

### **Явление Бернулли и некорректность его толкования.**

Особенность парадокса Бернулли ассоциируется с изменением давления жидкости в трубопроводе переменного сечения, давно известно и его физическое толкование: объемная плотность энергии жидкости, текущих со

скоростью  $\omega$  (много меньшей скорости звука  $c$  в них), обуславливается статическим давлением  $p$  и кинетической энергией  $\frac{p\omega^2}{2}$  массы единичного объема. Отмеченное положение математически фиксируется в виде следующей записи:

$$p + \frac{p\omega^2}{2} = p_0 = const.$$

Установилось мнение, вошедшее во все учебники физики, что  $p$  - это действующее на стенку трубопровода давление жидкости только вследствие хаотического движения ее частиц, которое уменьшается при увеличении скорости потока в рассматриваемой области. Для доказательства этого "очевидного факта" привлекаются данные эксперимента в виде показаний манометров, подключенных к трубопроводу переменного сечения и якобы показывающих соответствие между изменением действующего давления  $p$  жидкости и величиной модуля скорости потока (рис. 2).

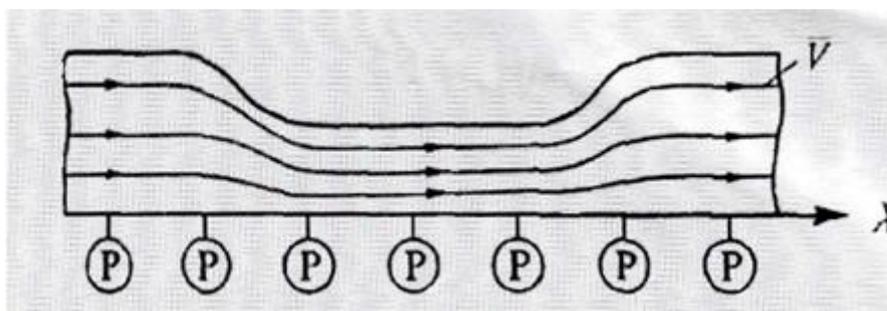


Рис. 2. Трубопровод переменного сечения

### Уравнение Бернулли

Необходимо признать, что утверждение  $\frac{m\omega^2}{2} + pV = const$  верно, при отсутствии энергообмена с внешней средой, но это еще не уравнение Бернулли. Обычно рассматривается поток несжимаемой жидкости через трубу с различными последовательно соединенными секциями, и к потоку применяется закон сохранения энергии.

Энергия объема  $V$  жидкости в любой точке - сумма его кинетической энергии  $\frac{m\omega^2}{2}$  и его потенциальной энергии  $pV$ . Эффектами тяготения и вязкости пренебрегают. Энергия данного объема жидкости, которая

перемещается от положения 1 до положения 2 - та же самая в обоих положениях. Связанное уравнение энергии:

$$\frac{m\omega_1^2}{2} + p_1V = \frac{m\omega_2^2}{2} + p_2V . \quad (1)$$

Используем подстановку  $m = \rho V$  и получаем Закон Бернулли:

$$p_1 - p_2 = \left(\frac{\rho}{2}\right) (\omega_2^2 - \omega_1^2). \quad (2)$$

Рассмотрим теперь работу произвольного сечения жидкости ступенчатого трубопровода. По законам гидравлики в сечениях  $S_1$  и  $S_2$  через эти сечения за единицу времени проходит один и тот же объем:  $V_t = S_1 l_{t1} = S_2 l_{t2} = S_1 \omega_1 = S_2 \omega_2$ .

И одна и та же масса жидкости:  $m_t = \rho V_t = \rho S_1 \omega_1 = \rho S_2 \omega_2$ .

Необходимо отметить, что отличие жидкости от твёрдого тела - свойство текучести, т.е. отсутствие жёстких связей между отдельными молекулами, что приводит к возможности, сохраняя свой объём, легко принимать форму сосуда, в котором она находится, без заметных затрат энергии. Перетекание идеальной жидкости внутри сосуда сложной формы при сохранении объёма жидкости не сопровождается локальным изменением давления. Именно поэтому в формуле стационарного течения несжимаемой жидкости, необходимо учитывать не удельный вес или плотность жидкости, а конкретную массу жидкости участвующей в процессе течения и получаемой из «уравнения расхода».

Так как секундный расход определён и равен:  $\frac{m}{t} = \rho S \omega$ , то определена секундная масса равная  $m_t$ , а, учитывая условие неразрывности потока, скорость перемещения этой массы равна  $\omega_m = const$ , следовательно - кинетическая энергия потока равная  $\frac{m_t \omega_m^2}{2} = const$ , независимо от сечения  $S$  трубки тока.

Другими словами, если через трубу переменного сечения протекает жидкость, с расходом  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ , или  $1000 \text{ кг}/\text{с}$ , то через любое сечение этой трубы

за время одной секунды протекает масса жидкости, равная 1000 кг независимо от изменения её сечения.

Теперь можно сказать определённо: статическое давление не зависит от скорости потока, а уравнение Бернулли не имеет общепринятого смысла.

Из уравнения расхода  $S_1V_1 = S_2V_2$  мы можем определить скорость потока (не путать со скоростью перемещения секундной массы  $\omega_m$  в любом конкретном сечении).

При расчёте вклада в суммарное давление на стенку трубы динамического давления, зависящего от скорости потока в конкретном сечении, необходимо принимать во внимание, что скорость потока - векторная величина и, следовательно необходимо учитывать это в формуле, вычисляя его нормальную составляющую по отношению к стенке трубы:

$$p_{\text{стен}} = \frac{\rho\omega^2\sin\alpha}{2} + \rho gh + p, \quad (3)$$

где  $\alpha$  угол между вектором скорости потока и касательной к стенке трубы.

Поэтому имеет большое значение вопрос, является ли течение потока параллельным обтекаемой поверхности или имеет угол атаки, отличный от нуля (рис. 3).

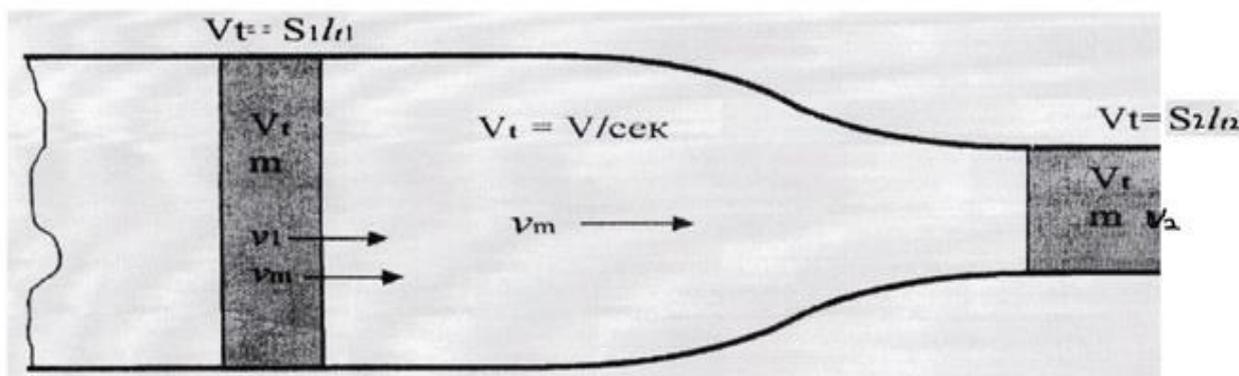


Рис. 3. Течение потока

В частности, при течении по прямой трубе постоянного сечения, давление от потока на стенку трубы определяется с учетом того, что  $\sin\alpha = 0$ , это означает, что и все выражение  $\frac{\rho\omega^2\sin\alpha}{2} = 0$ , и следовательно, давление на

стенку трубы не зависит от скорости потока, а уравнение можно записать в виде:

$$\rho gh + p = \text{const} . \quad (4)$$

По крайней мере, это хорошо выполняется в диапазоне малых, дозвуковых скоростей.

В реальных условиях при изменении потоком направления движения поток затрачивает часть своей кинетической энергии на нагрев потока и преграды, с которой он взаимодействует, что снижает кинетическую энергию и повышает статическое давление в потоке. Потери давления на ускорение потока при сужении сечения трубы также приводят к уменьшению потенциальной энергии потока (потери давления на дросселирование), что обычно интерпретируют как результат влияния увеличения скорости на величину статического давления.

Наблюдение вихрей, порождаемых при обтекании поверхностей тел потоком, привело многих исследователей к идее, что именно вихри и являются основными источниками гидродинамических сил.

Придуманый Прандтлем «пограничный слой» - это попытка устранить явные противоречия между теорией Бернулли идеями Эйлера и реальным поведением жидкости при обтекании тел в потоке, закрепляющая ошибочные взгляды и тормозящая поиск исследователями реальных причин несоответствия. Такой подход к взаимодействию потока и тела имеет скорее статистический, нежели физический характер.

Формула Бернулли не учитывает локальных динамических эффектов в движущемся потоке жидкости: это силы инерции потоков и вихревые процессы, возникающие при взаимодействии течений с окружающей средой и ограждающими поверхностями, это взаимодействие вихрей между собой и стенками обтекаемых тел, а, следовательно, не может быть применена для расчётов скоростей и давлений в потоке жидкости, если поток меняет не только модуль скорости, но и направление течения.

Строго говоря, теорема Бернулли не выполняется даже для идеальной жидкости, так как не учитывает инерцию жидкости, которой обладают все материальные тела, что было проигнорировано Эйлером, а, тем более, для реальных, т.е. вязких жидкостей, ни при ламинарном, ни при турбулентном, ни при вихревом течении жидкости.

### **Библиографический список**

1. Ухин, Б. В. Гидравлика: учебное пособие/ Б. В. Ухин. – М.: ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2010. – 464 с.
2. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник для вузов: В 2. кн. / под ред. проф. В. Г. Айнштейна. – М.: Химия, 1999. Кн. 1 – 888 с.

**УДК 676.084.2**

Е.В. Семёнова  
магистрант II курса ВШТЭ СПбГУПТД,  
Ю.Л. Морева  
к.х.н., доц. каф. ООС и РИПР ВШТЭ СПбГУПТД,  
Ю.М. Чернобережский  
д.х.н., проф. каф. ООС и РИПР ВШТЭ СПбГУПТД

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОАГУЛЯЦИОННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ЧЕРНОГО ЩЕЛОКА В ПРИСУТСТВИИ $Al_2(SO_4)_3$**

Растительное сырье широко используется во многих отраслях промышленности. Например, древесина используется для производства целлюлозы с помощью сульфатного метода варки древесины.

Технологии глубокой переработки древесины являются весьма водоемкими. Сточные воды сульфат-целлюлозного производства загрязняются в результате попадания в них отработанных черных щелоков при технологических операциях. Основным компонентом таких сточных вод является сульфатный лигнин (СЛ) [1].

СЛ, поступающий в водные объекты со сточными водами, представляет серьезную угрозу для экологии и, в первую очередь, для водных экосистем, за счет роста цветности воды и уменьшения концентрации растворенного в ней кислорода [2].

Проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов остаются актуальными проблемами современности.

Существующие методы биологической очистки сточных вод практически не снижают количество СЛ в стоках. Недостаточная эффективность очистки сточных вод ЦБП от высокомолекулярных компонентов требует применения и детальной разработки физико-химических (в частности коагуляционных) методов. Выбор и обоснование этих методов, использование новых и модифицированных реагентов (коагулянтов и флокулянтов), нахождение оптимальных условий удаления лигносодержащих компонентов как из сточных вод, так и из отработанных щелоков представляет собой важную для практики задачу [2].

В связи с этим целью настоящей работы являлось исследование очистки щелокосодержащих сточных вод целлюлозно-бумажного производства при помощи коагулянтов. Исходя из теории об агрегативной и седиментационной устойчивости, лучшими коагуляционными свойствами обладают многозаряженные ионы, поэтому в качестве коагулянта в работе использовали  $Al_2(SO_4)_3$  [3].

В качестве объекта исследования был выбран раствор черного щелока Сегежского ЦБК. Исследование проводилось методом спектрометрии на спектрофотометре LEKI SS2109UV при длине волны 280 нм, равной максимуму поглощения СЛ [4], основного компонента черного щелока, спектры которого приведены на рис. 1. Модельная система готовилась методом «мгновенного смешения» раствора черного щелока с концентрацией 2,8 г/л и раствора коагулянта. pH регулировали путем введения 0,1 М NaOH и 0,1 М  $H_2SO_4$ . Исследование проводилось в широком диапазоне pH (от 2 до 9) с концентрациями растворов  $Al_2(SO_4)_3$   $10^{-4}$  и  $10^{-3}$  М.

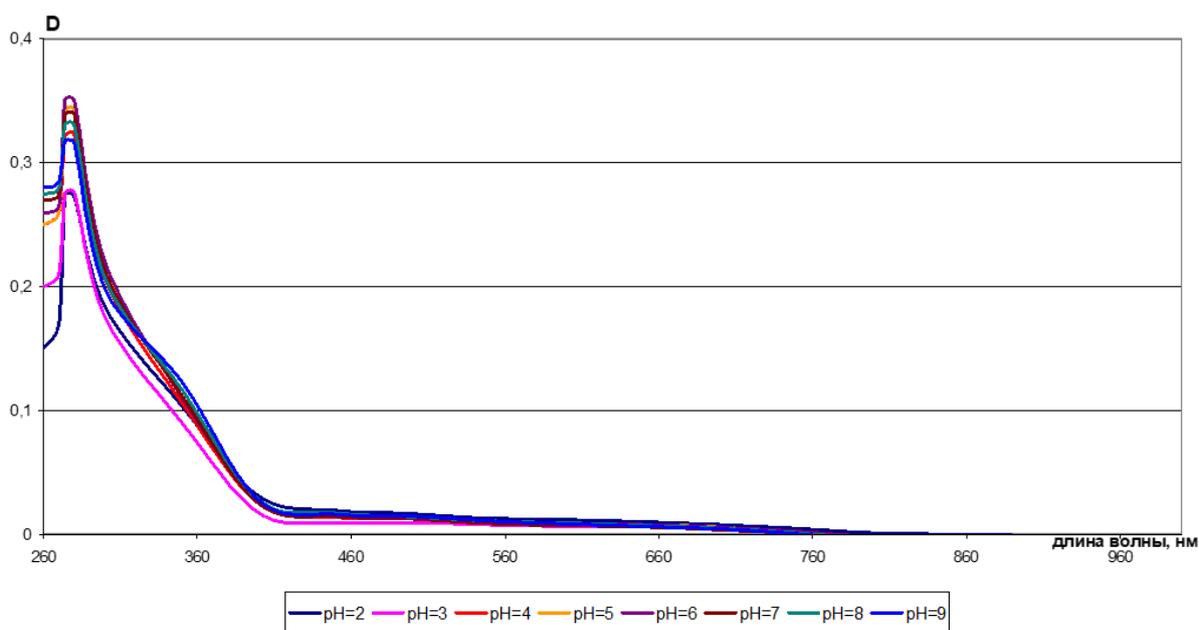


Рис. 1. Зависимость оптической плотности раствора черного щелока от длины волны при разных значения рН

В результате исследования были получены зависимости величины оптической плотности модельных систем от времени (время эксперимента 1 час) и построены зависимости оптической плотности от рН. Во всех исследованных системах наблюдалось коагуляционное выделение черного щелока, которое увеличивалось с ростом концентрации коагулянта.

В работе были рассчитаны эффективности коагуляционного выделения черного щелока по формуле:

$$\varepsilon = \frac{D_0 - D_{\text{кон}}}{D_0} \times 100 \%,$$

где  $D_0$ ,  $D_{\text{кон}}$  – величины оптической плотности модельной системы в начальный момент времени и в конце эксперимента, соответственно.

Были построены зависимости эффективности коагуляционного выделения черного щелока от рН (рис. 2).

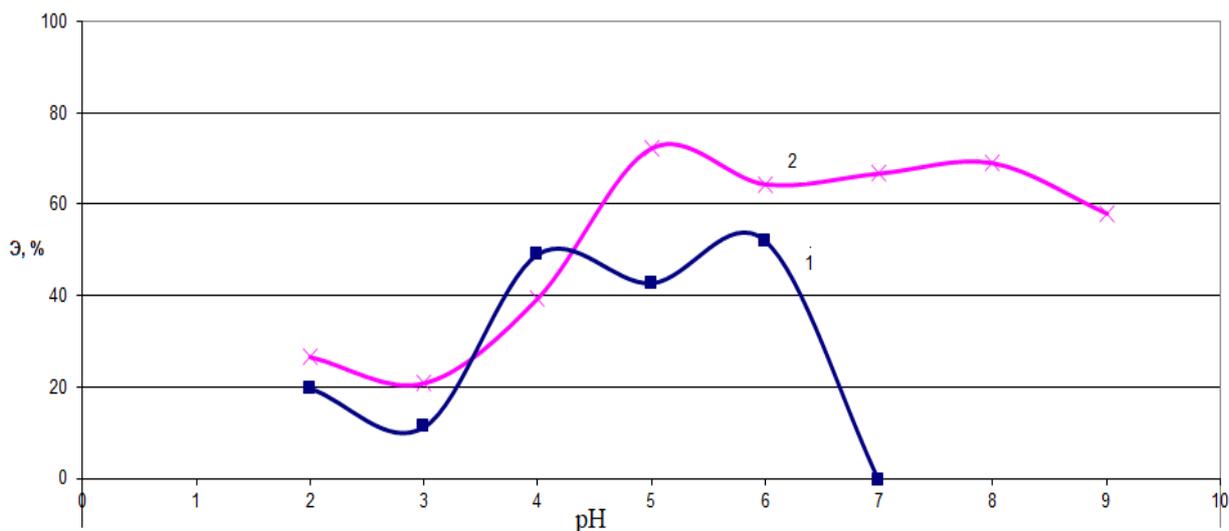


Рис. 2. Зависимость эффективности коагуляционной очистки черного щелока от pH при концентрации  $Al_2(SO_4)_3$ : 1-  $10^{-4}$ ; 2 -  $10^{-3}$  М

Как можно наблюдать из рис. 2, наибольшая эффективность очистки наблюдается в области pH от 4 до 6 при введении  $10^{-4}$  М раствора  $Al_2(SO_4)_3$  и достигает 50 %. Такое поведение исследуемой системы можно объяснить коагуляцией СЛ и продуктов гидролиза  $Al_2(SO_4)_3$ , а именно, образующимися полиядерными гидроксокомплексами алюминия [5]. С увеличением концентрации  $Al_2(SO_4)_3$  до  $10^{-3}$  М рассмотренные ранее эффекты возрастают. Область pH выделения черного щелока смещается в щелочную область и расширяется от 5 до 9. Эффективность очистки от черного щелока достигает более 70 %.

Полученные данные могут представлять значительный интерес для практики, так как позволяют оптимизировать существующий процесс выделения сульфатного лигнина из щелокосодержащих потоков и разрабатывать системы локальной очистки этих стоков.

### Библиографический список

1. Лей И.З., Сарканен К.В. Лигнины (структура, свойства и реакции). М.: Лесная промышленность, 1975. - 632 с.

2. Очистка и рекуперация промышленных выбросов / В.Ф.Максимов, И.В.Вольф, Т.А. Винокурова и др.: учебник для вузов. –М.: Лесная промышленность, 1989.– 416 с.
3. Николаев А.Н., Чернобережский Ю.М. Теоретические основы охраны окружающей среды (Охрана водных объектов): учеб. пособие/ СПб ТИ ЦБП, СПб., 1992. – 86 с.
4. Богомолов Б.Д., Тиранов П.П., Бабикова Н.Д. Исследование сульфатного лигнина промышленной выработки. // Химия древесины, 1975.– № 3.–С. 52-54.
5. Пилипенко А.Т., Фаландыш Н.Ф., Пархоменко Е.П. Состояние алюминия (III) в водных растворах // Химия и технология воды, 1982.– Т.4.– № 2.– С.136-150.

**УДК 620.1.004.18**

Д. Э. Смирнова  
студент I курса ВШТЭ СПбГУПТД

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ**

Альтернативная энергетика – это совокупность перспективных способов передачи и использования энергии, как правило, с минимальным, или вообще нулевым риском причинения вреда окружающей среде. Главной задачей альтернативной энергетике является поиск и использование нетрадиционных источников энергии, как правило, возобновляемой.

Потребность в альтернативной энергетике с каждым годом ощущается все сильнее, об этом говорит экологическая обстановка, которая с каждым годом продолжает ухудшаться и стремительно кончающиеся запасы углеродного топлива при все время увеличивающемся потреблении электроэнергии.

Стоит отметить основные направления альтернативной энергетики, которые и используются во многих странах мира.

Биоэнергетика-использует в качестве топлива биомассу (пеллеты, отходы сельского хозяйства). Основным продуктом на выходе является биогаз, биодизель, биоводород. Вся продукция по качеству и составу идентично природным аналогам. С точки зрения экономики, по предварительным оценкам Merrill Lynch полное прекращение производства биотоплива приведёт к резкому росту цен на газ и нефть примерно на 20 %. [1]

Ветроэнергетика-энергетика, основывающаяся на использовании энергии ветра-кинетической энергии воздушных масс в атмосфере. Энергия ветра является возобновляемым видом энергии, так как она является следствием деятельности солнца. Ветроэнергетика является активно развивающейся отраслью, так, к 2015 году общая установленная мощность всех ветрогенераторов составила 430 гигаватт, увеличившись вчетверо с 2008 года. В отрасли задействовано 950 тыс. человек (500 тыс. в Китае). Во многих европейских странах с помощью ветрогенераторов производится около (на все европейские страны) 18,5 % от всего электричества.

Гелиоэнергетика- основывается на преобразовании солнечной радиации в электрическую энергию. Данный вид энергии является экологически чистым, т.е. не производит отходов во время использования. Достоинство-перспективность, доступность и неисчерпаемость источника энергии в условиях постоянного роста цен на традиционные виды энергоносителей. Недостатки- зависимость от погоды, сезонность в некоторых регионах, сложность и дороговизна производства. На 2015 год общая мощность фотоэлектрических установок составила 139 ГВт.

Перспективы развития: ежегодный рост энергетики за последние пять лет составлял примерно 55 %. Полученная на основе солнечного излучения энергия теоретически сможет к 2045 году обеспечить 25-30 % мировых потребностей в электричестве и сократит выбросы CO<sub>2</sub>. Как считают эксперты Международного энергетического агентства (IEA), солнечная энергетика уже

через 40 лет при должном уровне распространения новейших технологий будет вырабатывать около 9 тысяч тераватт-часов - или 25-30 % всего необходимого электричества, и это способствует сокращению выбросов углекислого газа на 6,5 млрд тонн ежегодно [2].

На данный момент альтернативная энергетика занимает всего лишь 5,5 % от всей энергетики, что достаточно мало. При должном финансировании и технологическом усовершенствовании к 2060 году (с учетом спроса на электроэнергию) можно практически отказаться от традиционной энергетики.

В силу экономических, экологических и ресурсных ограничений современная традиционная энергетика со временем должна быть заменена на альтернативную. Главная и конечная цель - это создание гибридной системы хозяйствования с другими механизмами производства и потребления энергии.

В основу новой альтернативной энергетики должна войти возобновляемая энергетика, которая уже прекрасно ужилась почти во всех странах мира. Мечты о «нескончаемых» источниках энергии неясного происхождения и бездействие просто опасны. В условиях, когда доступные углеродные ресурсы заканчиваются, а революционных технологий, способных заменить их, так и не создано, единственной альтернативой остается энергия, вырабатываемая на водных, ветряных, био- и солнечных станциях.

Развитие альтернативной энергетики в России и политика в этой области, включая «Энергетическую стратегию России на период до 2030 г.», основывается на увеличении добычи природных ископаемых и энергетических мощностей. Мало внимания уделяется развитию ВИЭ, децентрализации энергоснабжения. Стратегию энергообеспечения должны основывать на принципе упреждения, а развитие ВИЭ должно осуществляться ускоренными темпами.

Несмотря на некоторые недостатки ВИЭ, «энергетическая корзина», состоящая из них, могла бы поддерживать мировую экономику на должном

уровне. Это возможно только в том случае, если будет соблюдаться хотя бы половина из приведенных условий:

- Усиление международного сотрудничества в сфере ВИЭ.
- Огромный объем инвестиций.
- Примерно 20–30 лет всеобщего мира для перевода на ВИЭ мировой экономики, в том числе сельское хозяйство, транспортные и телекоммуникационные сети, сельское хозяйство, университеты, больницы, обрабатывающую промышленность.
- Уменьшение коррупции, бюрократии.
- Увеличение финансирования исследований и разработок в данной сфере.
- Появление рациональных, сильных и честных лидеров, которые смогут управлять процессом глобального перехода от традиционной энергетики к альтернативной (процесс не быстрый и может затянуться на целое поколение).

Вопрос развития ВИЭ – не заканчивается одной лишь энергетикой. Главная цель ВИЭ заключается в 3-х задачах: цивилизационной, экологической, экономической. Главное - в головах. Предстоит изменение сознания в вопросах получения энергии и рационального использования ресурсов. Данный процесс уже начался и будет нарастать - от привычной конкуренции «мощи ресурсов» мы перемещаемся к «конкуренции мозгов» в энергетике.

### **Библиографический список**

1. Понятие о биоэнергетике [Электронный ресурс] URL:  
<https://ru.wikipedia.org/wiki>
2. Понятие о гелиоэнергетике [Электронный ресурс] URL:  
<http://efarostov.ru/gelioenergetika.htm>

## РАЗВИТИЕ БИОЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ

Для начала стоит разобраться, что же такое биоэнергетика и с чем её «едят». Биоэнергетика –раздел энергетике, изучающий конверсии биомассы, которая используется непосредственно в качестве топлива или предварительно перерабатывается в жидкости или газы. Простым языком, биоэнергетика занимается переработкой биоотходов в тепло- и электроэнергию, биотопливо, биогаз.

Основным ресурсом данной отрасли является биомасса, которая, в свою очередь, делится на три основных типа. *Первый*, и самый распространённый – отходы сельского хозяйства (помет животных), широко применяется в сельской местности США и других развитых стран. *Второй* – древесная биомасса, включающий в себя отходы деревоперерабатывающей промышленности (щепа, кора, опилки, пеллеты). *Третий* тип – бытовые отходы, то есть обыкновенный биоразлагаемый мусор, такой, как шкурка от банана, картофельные очистки и пр.

Основным продуктом биоэнергетики является биогаз, который производится путем анаэробного брожения биомассы. На выходе после всех очищений выходит биометан, который по качеству и свойству практически не отличается от природного газа [1].

С точки зрения экологии, производство биогаза предотвращает выбросы метана в атмосферу. Влияние метана на парниковый эффект в 20 раз превышает соответствующий показатель углекислого газа, поэтому целесообразно улавливать метан на стадии его образования.

Кроме того, отработанная биомасса может использоваться в качестве органического удобрения, тем самым, снизив использование химических удобрений, вследствие чего уменьшается нагрузка на грунтовые воды.

Биогаз широко используется во многих странах в качестве моторного топлива, а также для производства тепла и электроэнергии.

Биогазовые установки можно устанавливать на различных сельскохозяйственных предприятиях в качестве очистных сооружений для утилизации отходов производства, переработав их в электричество [2].

Благодаря мощному потенциалу, быстрым срокам окупаемости, экологическим превосходствам биомасса считается одним из лидирующих видов возобновляемых источников энергии во многих странах.

В конце 20 века общий объем мировых первичных энергоресурсов составил около 8,5 млрд т.у.т., из которых примерно 7 млрд т.у.т. приходилось на ископаемое органическое топливо. Если взять весь энергетический потенциал всей растительности нашей планеты, то получится около 70 млрд тонн, а это в 10 раз превышает использование ископаемых видов топлива.

Доля древесины, которую используют для выработки энергии, в странах ЕС составляет: Дания – 60 % от общего объема вывозимой из лесов древесины, Франция – 55 %, Испания – 45 %, Швейцария – 55 %. Темпы её использования растут на 6,5 % ежегодно (Швеция – 11,3 %, Дания – 8,95 %, Франция – 8,4 %).

Сегодня биомасса покрывает 18 % общего использования первичных энергоресурсов в мире: в развивающихся странах – 49 %, в промышленно развитых странах – 3,5 % (США – 2,9 %; Дания – 6,0 %; Швеция – 19 %) [3].

Очевидно, что ресурсы биомассы являются одним из перспективных направлений возобновляемой энергетики, при этом различные её виды имеются в большинстве стран мира. Сегодня, используя биомассу, можно обеспечить 5-11 % от общего количества энергетических потребностей промышленно развитых стран. Биомасса является основным источником энергии примерно для 2 млрд чел.

План развития биоэнергетики значительно отличается в разных странах ЕС. Например, Венгрия и Италия сосредотачивают свои силы на строительстве тепловых станций мощностью от 0,5 до 10 МВт, использующих в качестве топлива отходы деревообрабатывающей промышленности. В

Финляндии, Дании и Швеции около 68 % выработанной из биомассы энергии переходит в тепловую и электрическую энергию на теплофикационных ТЭЦ, остальные – на крупных тепловых электростанциях. В большинстве случаев это ТЭЦ мощностью 10-80 МВт, использующие биомассу и традиционные топлива в качестве первичных энергетических ресурсов. В США большинство станций, работающих на биомассе, вырабатывают электроэнергию.

Подводя итоги, хочется отметить, что в настоящее время, биоэнергетика является весьма востребованной отраслью, так как мировые запасы нефти и газа стремительно сокращаются. Большинство стран мира активно внедряют биоэнергетику, заменяя традиционные виды, более экологически чистым и экономически выгодным вариантом.

### **Библиографический список**

1. Продукты биоэнергетики [Электронный ресурс]  
URL:<https://ru.wikipedia.org/>
2. Применение биогазовых установок [Электронный ресурс]  
URL: <http://task37.ieabioenergy.com/>
3. Процент использования биомассы [Электронный ресурс] URL:  
<https://alternativenergy.ru/bioenergetika/349-razvitie-bioenergetiki-v-raznyh-stranah.html>

**УДК 62-784.43**

Н.А. Солнцев  
студент IV курса ВШТЭ СПбГУПТД,  
А.В. Левин  
к.т.н., доц. каф. ООС и РИПР ВШТЭ СПбГУПТД

## **ОБЗОР СИСТЕМ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

Проблема охраны воздушного бассейна сводится к ликвидации вредных выбросов в атмосферу вообще или к нейтрализации

высокотоксичных веществ, содержащихся в этих выбросах до менее токсичных (практически нетоксичных) компонентов.

Основным из этих направлений является обработка газовых выбросов различными техническими приемами для удовлетворения санитарных требований по чистоте выбрасываемых газов. Выбор методов очистки и обезвреживания промышленных выбросов, находящихся в газообразном состоянии или в виде аэрозоля, определяется специфическими особенностями газовых систем (составом и концентрациями токсигенов, характеристиками газо- и пылесодержания, периодичностью поступления выбросов в атмосферу), а также требованиями, предъявляемыми к степени очистки. Для обезвреживания газовых выбросов применяют сорбционные, химические, конденсационные методы и методы окисления (термического и каталитического). В ряде случаев они достаточно эффективны или каждый сам по себе или в сочетании друг с другом [2].

В настоящей работе автором будут рассмотрены два наиболее часто применяемых метода очистки отходящих газов в производстве, связанном с использованием различных пластиков (в том числе термореактивных пресс-материалов), в процессе работы с которыми выделяются различные органические загрязняющие вещества, такие как стирол, бензол и фенол и другие.

### **Адсорбция**

Адсорбционная очистка газов представляет собой комплекс технических решений, препятствующих чрезмерному загрязнению атмосферного воздуха. Следует подчеркнуть, что адсорбционный метод позволяет решить задачи глубокой очистки технологических и отходящих промышленных газов, содержащих разнообразные вредные вещества. Адсорбционным методом примесь может быть удалена практически полностью.

## Технологическая схема очистки промышленных выбросов адсорбционным методом

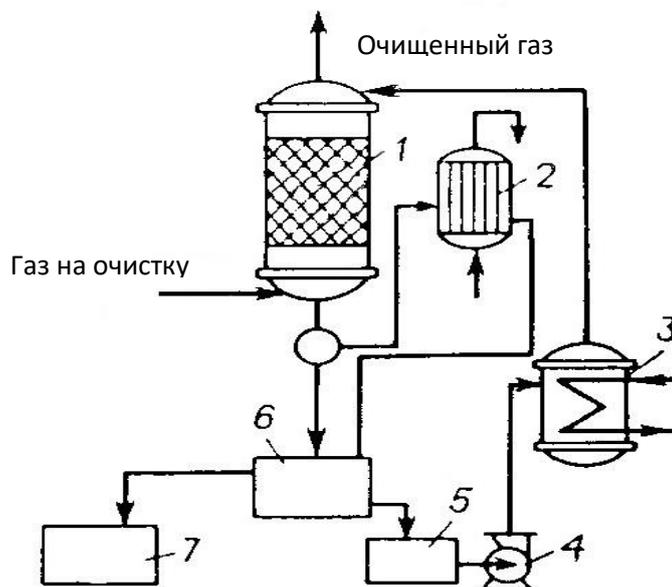


Рис. 1. Технологическая схема очистки промышленных выбросов от паров органических примесей: 1 - адсорбер; 2 – холодильник; 3 - парогенератор; 4 - насос; 5 - сборник конденсата; 6 - сепаратор; 7 - сборник стирола

Процесс очистки промышленных газов от стирола, бензола, фенола и многих других органических примесей заключается в осуществлении двухфазного цикла “адсорбция-десорбция”. При адсорбции (рис. 1) газовые выбросы подаются в нижнюю часть адсорбера 1, в котором происходит поглощение содержащихся в воздухе веществ активным углем. Очищенный газ удаляется в атмосферу. Регенерация угля проводится острым водяным паром. Десорбат собирается в сепараторе 6 (после охлаждения в холодильнике 2), где происходит расслаивание конденсата на два слоя (органический и водный).

Водный слой поступает в парогенератор 3 для получения пара на десорбцию, а стирол (органический слой) собирается в сборнике 7, откуда передается в отделение подготовки реагентов для стадии полимеризации. Температура пара при десорбции 110-120°C; расход пара 5-7 кг на 1 кг рекуперата; продолжительность процесса десорбции - не менее 60 мин;

продолжительность расслаивания - не менее 2 ч; степень десорбции - 100 % [1].

### **Каталитическая очистка газов**

Каталитическая очистка газов основана на гетерогенном катализе и служит для превращения примесей либо в безвредные соединения, либо в соединения, легко удаляемые из газовой смеси.

Достоинствами метода каталитической очистки газов являются высокая степень очистки; компактность; небольшая металлоемкость; высокая производительность; легкость автоматического управления.

Недостатками же: образование новых веществ, которые часто надо удалять из газа и высокая стоимость катализаторов.

Суть каталитических процессов газоочистки заключается в реализации химических взаимодействий, приводящих к конверсии подлежащих обезвреживанию примесей в другие продукты в присутствии специальных катализаторов.

### **Катализаторы для очистки газов**

Катализаторы должны обладать следующими свойствами:

- активностью и селективностью к извлекаемому компоненту;
- пористой структурой;
- стойкостью к каталитическим ядам;
- механической прочностью;
- низкой температурой зажигания;
- большим температурным интервалом работы;
- термостойкостью;
- низким гидравлическим сопротивлением;
- иметь небольшую стоимость [4].

## Технологическая схема очистки промышленных выбросов абсорбционным методом

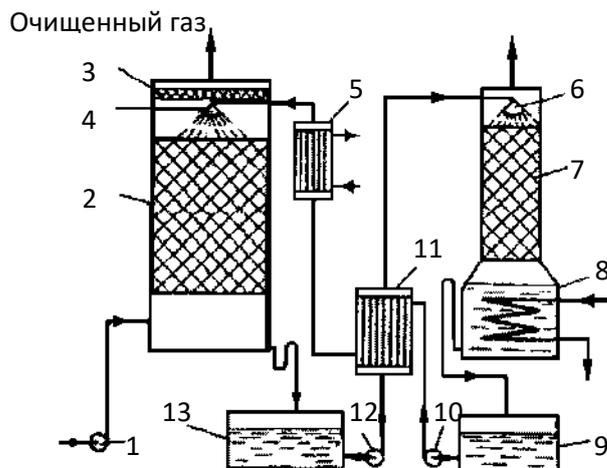


Рис. 2. Технологическая схема очистки промышленных выбросов от паров органических примесей:

1 – вентилятор; 2 – абсорбер; 3 – брызгоуловитель; 4,6 – оросители; 5 – холодильник; 7 – десорбер; 8 – куб десорбера; 9,13 – емкость для абсорбента; 10,12 – насосы; 11 – теплообменник

Схема абсорбционной установки приведена на рис. 2. Газ на абсорбцию подается вентилятором 1 в нижнюю часть колонны, где равномерно распределяется перед поступлением на контактный элемент. Абсорбент из промежуточной емкости 9 насосом 10 подается в верхнюю часть колонны и равномерно распределяется по поперечному сечению абсорбера с помощью оросителя 4. В колонне осуществляется противоточное взаимодействие газа и жидкости. Очищенный газ, пройдя брызгоуловитель 3, выходит из колонны. Абсорбент стекает через гидрозатвор в промежуточную емкость 13, откуда насосом 12 направляется на регенерацию в десорбер 7 после предварительного подогрева в теплообменнике-рекуператоре 11. Извлечение поглощенного компонента из абсорбента производится в кубе 8. Перед подачей на орошение колонны абсорбент, пройдя теплообменник-рекуператор 11, дополнительно охлаждается в холодильнике 5 [5,6].

Подводя итоги, можно утверждать, что адсорбция, как и каталитический дожиг, эффективны при очистке газов от вредных

промышленных выбросов, образованных в ходе работ, связанных с применением различных видов пластмасс. Эти методы разносторонни и имеют множество вариаций и при выборе технологии основной стадии адсорбции, как и катализа, необходимо учитывать многочисленные и разнообразные аспекты (кинетика, динамика, свойства загрязняющих примесей и др.) [3].

Данные процессы имеют свои недостатки и плюсы. Процесс адсорбции подразумевает другой не менее трудоемкий процесс - десорбции, в результате которого образуются сточные воды с содержанием вредных веществ. Это означает, что процесс адсорбции - только часть цикла обезвреживания загрязняющих веществ. Однако десорбцию можно исключить из адсорбционных методов, если не проводить регенерацию адсорбента, а отправлять его после насыщения на сжигание. Это осуществимо в том случае, когда концентрация загрязняющих веществ в отходящих потоках незначительна и возвращение их в производственный процесс не предусмотрено технологическим режимом. Катализ же требует высоких энергетических затрат и применения, порой дорогостоящих компонентов, но часто именно он позволяет избавиться от сложно удаляемых примесей и достичь требуемых показателей очистки.

### **Библиографический список**

1. Григорьев Л.Н., Буренина Т.И. Основы расчета оборудования для химической очистки и обезвреживания выбросов: учебное пособие / СПбГТУРП., СПб., 2013. -110 с.
2. Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Техника защиты атмосферы и гидросферы от промышленных загрязнений: учебное пособие. - Барнаул, 2000. - 395 с.
3. Швыдкий В.С., Ладыгичев М.Г. Очистка газов: справочник / М.: Теплотехник Теплоэнергетик, 2005. - 640 с.

4. Мухленов И.П., Добкина Е.И., Дерюжкина В.И., Сороко В.Е. Технология катализаторов / под ред. И.П. Мухленова. - 3-е изд., перераб.- Л.: Химия, 1989.-272 с.

5. Мухутдинов Р.Х., Самойлов Н.А. Теория и практика каталитической очистки отходящих газов. – Уфа: Гилем, 2002. - 252 с.

6. Редкинский катализаторный завод [Электронный ресурс] / URL: <http://www.recatalys.ru/katalizatory/ekologiya-ochistka-vybrosov/> (дата обращения 06.11.2018)

**УДК 628.165**

М.О. Слюта

магистрант II курса ВШТЭ СПбГУПТД,

А.В. Бахтин

к. т. н, доц. каф. ИИТСУ ВШТЭ СПбГУПТД

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОДЫ**

Природная вода за редким исключением недостаточно чиста и без соответствующей обработки не может быть применена для коммунального или промышленного водоснабжения. Вода используется для питания паровых котлов, охлаждения и промывки оборудования. Общая щелочность и рН являются важными показателями воды и для проведения процессов ее очистки и по влиянию на технологию производства бумаги (проклейка, окраска, степень улавливания волокна и пр.) и коррозию оборудования. Техническая вода очень важна для бумагоделательных машин для хороших показателей качества бумаги.

В результате разработки системы химического контроля энергоблока №2 Южной ТЭЦ (ТЭЦ-22) филиала «Невский» ОАО «ТГК-1» предполагается произвести выбор технических средств, обеспечивающих:

- снижение практически до нуля уровня помех в системе;
- своевременную диагностику неисправности электродной системы;
- экономию калибровочных буферных растворов;
- значительное повышение надежности системы.

Для данной системы контроля качеством технологической воды необходимо выполнение определенных требований, а именно:

- Анализаторы должны иметь испытанную конструкцию, выполненные на базе современной технологии при использовании материалов и методик, которые могут оптимизировать надежность, долговечность и точность и в то же время минимизировать необходимость частой калибровки и технического обслуживания.
- Анализаторы с соответствующим оборудованием должны формировать функциональную целостную систему.
- Анализаторы должны иметь выходные аналоговые сигналы 4-20 мА. В случае установки анализаторов в шкаф или панель, все выходные сигналы анализаторов должны быть выведены на клеммные ряды шкафа/панели.
- Напряжение питания анализаторов должно быть 220 В переменного тока частотой 50 Гц.
- После выполнения установки должны быть выполнена процедура калибровки системы измерения и определения изменчивости (вариативности) измеренных значений.

С целью улучшения мониторинга качества показателей воды следует установить средства измерения этих показателей. Без установки этих средств пробу воды изучают в лаборатории, что не позволяет максимально быстро регулировать эти показатели. Для данной системы химического контроля необходимо измерять следующие параметры:

- Общая удельная электропроводность (X)
- Удельная электропроводность Н - катионированной пробы (Xн)

- Величина рН
- Концентрация ионов натрия (Na)
- Концентрация растворенного кислорода (O<sub>2</sub>)

Исходя из технических требований и значений измеряемых параметров в местах отбора проб, выбираются приборы соответствующие условиям для данной системы [1].

Приборы для измерения качества технологической воды:

*1. Кондуктометр автоматический КАЦ-037*

Кондуктометр автоматический КАЦ - 037 является стационарным прибором для измерения приведенной к температуре 25 °С удельной электропроводности (УЭП) воды и водных растворов низкой концентрации (далее - пробы) и сигнализации о превышении измеряемой УЭП заданного потребителем порога в системах мониторинга и управления водно-химического режима (ВХР).

*2. Кислородомер мембранный автоматический КМА-08М.1*

Автоматический стационарный мембранный кислородомер КМА-08М предназначен для измерения концентрации растворённого в воде молекулярного кислорода при контроле водно-химических процессов в тракте мощных энергоблоков.

*3. Анализатор ионов натрия*

Анализатор ионов натрия АН-012М предназначен для непрерывного измерения и сигнализации о превышении заданного порога концентрации ионов натрия в технологических водах тепловых электростанций и тепловых сетей.

*4. рН-метр*

рН-метр рН-011М используется для непрерывного автоматического измерения активности ионов водорода (рН) и окислительно-восстановительных потенциалов (ОВП) в воде и водных растворах.

Без контроля качества технологической воды оборудование на котельной подвержено поломке, быстрому износу, снижению точности

показателей и препятствует нормальному режиму работы. Поэтому использование приборов для определения показателей качества воды повысит экономическую эффективность работы, а именно:

- снижение затрат на покупку и ремонт оборудования;
- увеличение точности показателей оборудования;
- экономия ресурсов, затрачиваемых на очистку воды.

### **Библиографический список**

1. Громов С. Л. Основные пути совершенствования технологии водоподготовки.- СПб.: Питер, –1998. –133 с.

**УДК 547.89**

Е.С. Супонин

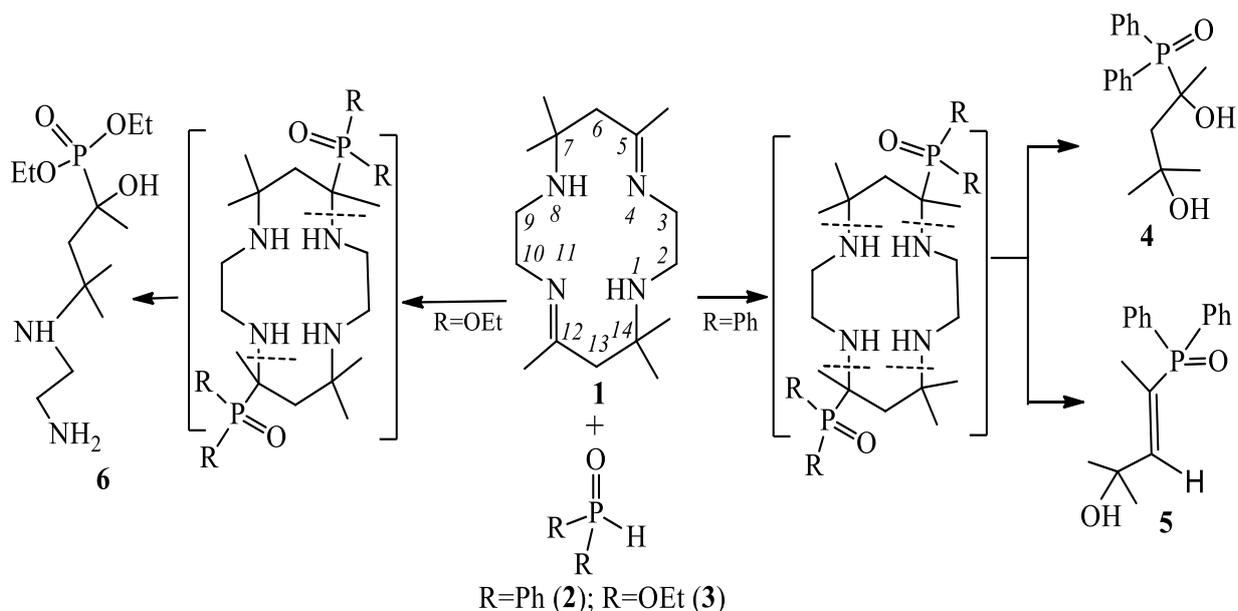
магистрант I курса ВШТЭ СПбГУПТД,

Н.А. Анисимова

д.х.н., проф. каф. ОХ ВШТЭ СПбГУПТД

### **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 5,7,7,12,14,14-ГЕКСАМЕТИЛ-1,4,8,11-ТЕТРААЗАЦИКЛОТЕТРАДЕКА-4,11-ДИЕНА С ДИФЕНИЛФОСФИНОКСИДОМ И ДИЭТИЛФОСФИТОМ**

Целью настоящей работы является изучение взаимодействия 5,7,7,12,14,14-гексаметил-1,4,8,11-тетраазациклотетрадека-4,11-диена (1) с дифенилфосфиноксидом (2) и диэтилфосфитом (3). Взаимодействие азамacroцикла (1) с дифенилфосфиноксидом (2) осуществляли при комнатной температуре и при нагревании (80°C, 3 ч) в бензоле. Диэтилфосфит (3) с азамacroциклом (1) регистрировал в присутствии этилата натрия (80°C, 3 ч).



Обе реакции сопровождались деструкцией первоначально образующегося циклического продукта присоединения. В первом случае в качестве основного продукта получен фосфорилированный диол (4) который в дальнейшем подвергался внутримолекулярной дегидратации и давал соответствующий непредельный фосфорилированный спирт (5)

Во втором случае основным продуктом оказался фосфорилированный аминоспирт (6).

Строение полученных продуктов подтверждено данными ИК, ЯМР<sup>1</sup>H, <sup>31</sup>P спектроскопии, а их состав масс-спектрометрией и элементным анализом.

**УДК 620.92**

Л. А. Тимофеева

студент IV курса ВШТЭ СПбГУПТД,

В. А. Яковлев

доц. каф. ООС и РИПР ВШТЭ СПбГУПТД

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЭС ОТ ДИОКСИДА СЕРЫ

Сжигание щепы, угля и мазута на ТЭС приводит к образованию высоких концентраций сернистых соединений, в том числе диоксида серы. Перевод

всех ТЭС на использование природного газа решил бы подобную проблему, но, к сожалению, на данный момент это невозможно по экономическим и техническим причинам, а потому альтернативным вариантом борьбы с проблемой является активное применение и разработка схем по очистке дымовых газов ТЭС от диоксида серы.

В настоящей научно-исследовательской работе будут рассмотрены некоторые из существующих систем очистки, их преимущества и недостатки.

По одной из наиболее известных классификаций методы очистки дымовых газов делят на мокрые, полусухие и сухие [1].

Мокрые абсорбционные способы очистки дымовых газов от диоксида серы получили наибольшее распространение в мире. В основе мокрой абсорбционной очистки дымовых газов лежит использование щелочного промывочного раствора для связывания диоксида серы. Обычно это известь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  или карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$  (известняк). Наиболее распространена очистка известняковым, аммиачно-сульфатным, магнезитовым и содовым методами. Соответственно, в данных схемах применяются известняк, раствор аммиака, оксид магния и карбонат натрия. В типичной схеме дымовые газы подаются в абсорбер, где промываются необходимым количеством циркулирующего раствора. В результате в промывочном растворе образуются соединения со связанным диоксидом серы. Продукты абсорбции перерабатываются.

Сухие методы связаны с введением в дымовые газы сухого вещества (реагента) в тонкодиспергированном виде. В таком случае из-за отсутствия перемешивания в твёрдом веществе хемосорбция происходит на поверхности частиц и, соответственно, большое количество реагента остаётся непрореагировавшим. Существуют два направления сухой очистки: получение реагента из вводимого в дымовые газы вещества с последующим взаимодействием полученного реагента с  $\text{SO}_2$  и ввод в дымовые газы готового реагента, который сразу начинает связывать  $\text{SO}_2$ . Наиболее простая сухая известняковая технология предполагает ввод размолотого известняка

(известии) в топливо или подачу в горелки. При использовании известняка последний под воздействием высоких температур разлагается на  $\text{CaO}$  и  $\text{CO}_2$ , в случае использования известии образуются  $\text{Ca(OH)}_2$  и  $\text{NaOH}$ . При температуре дымовых газов  $500 - 900^\circ\text{C}$   $\text{CaO}$  взаимодействует с диоксидом серы с образованием сульфита кальция. Затем за счет кислорода, содержащегося в дымовых газах, часть образованного сульфита окисляется в сульфат, который используется после соответствующей термической обработки в качестве строительного материала (гипса).

Мокросухим (МСС) или полусухим называется способ очистки, при котором реагент вводится в дымовые газы в виде тонкодиспергированной жидкости (водной суспензии или водного раствора), которая связывает  $\text{SO}_2$  и за счет теплоты дымовых газов полностью испаряется. При этом необходимо следить за количеством вводимого раствора, так как очищаемый газ не должен насыщаться влагой, а должен лишь отдавать тепло на испарение всей влаги щелочной суспензии.

Данные методы применяются многими зарубежными фирмами. Например, метод «Хемико» (США) основан на взаимодействии диоксида серы с карбонатом кальция (известняком) с образованием сульфита кальция. Метод фирмы «Ниро-Атамайзер» относится к полусухим методам очистки. Дымовые газы после котла без подготовки поступают в распылительную сушилку-абсорбер, в который подается известняковая суспензия. Дымовые газы смешиваются с каплями суспензии, приём для улучшения смешения газы закручиваются с помощью специального аппарата. В Германии и Японии используется озонный метод. В установках этого метода дымовые газы после подготовки подаются в абсорбер, где вступают в контакт с жидкостью, насыщенной озоном. Содержащиеся в дымовых газах низшие окислы серы ( $\text{SO}_2$ ) и азота ( $\text{NO}_x$ ) окисляются до высших ( $\text{SO}_3$  и  $\text{N}_2\text{O}_5$ ), растворяются в воде и образуют смесь слабоконцентрированных серной и азотной кислот. Эту смесь нейтрализуют вводом аммиачной воды в циркуляционную емкость.

На многих предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности в России были внедрены полномасштабные установки для очистки промышленных газовых выбросов от загрязняющих веществ, в том числе и от диоксида серы. Например, газоочистная установка СРК -3 Котласского ЦБК работает на основе мокрого содового метода, при котором в качестве свежего подпитывающего раствора используются: слабый белый щелок (а обычном режиме), кальцинированная сода (в режиме испытаний). Степень очистки от диоксида серы как в обычном режиме, так и в режиме испытаний очень высокая и достигала 97%.

### Библиографический список

1. Беспалов, В. И. Природоохранные технологии на ТЭС : учебное пособие для вузов [Текст]/ В. И. Беспалов, С. У. Беспалова, М. А. Вагнер. - 2-е изд. - Томск: Изд-во Национальный исследовательский томский политехнический университет, 2010. - 240 с.
2. Носков, А.С. Технологические методы защиты атмосферы от вредных выбросов на предприятиях энергетики = Methods for environmental protection against toxic effluents of power generation plants: анализ. обзор / СО РАН. ГПНТБ, Ин-т катализа им. К. Г. Борескова/ Носков А.С., Пай З.П.; отв. ред. чл.-кор. РАН В.Н. Пармон. – Новосибирск, 1996. – 156 с. – (Сер. «Экология». Вып. 40).
3. Бернер, Г.Я. Технология очистки газа за рубежом/ Г.Я. Бернер. – М.: Изд-во «Новости теплоснабжения», 2006. – 260 с.
4. Абрамов, А.И. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций: учеб. пособие / А.И. Абрамов, Д.П. Елизаров, А.Н. Ремезов и др.; под ред. А.С. Седлова. – М.: Изд-во МЭИ, 2010. – 378 с.
5. Родионов, А. И. Технологические процессы экологической безопасности: учебник для студентов технических и технологических/

- специальностей/ А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. -3-е изд., перераб. и доп. - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2000. - 800 с.
6. Щинников, П.А. Некоторые экологические проблемы от действия ТЭС и возможные пути их решения: учебное пособие [Текст]/ П.А. Щинников.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. - 41 с.
  7. Шмиголь, И.Н. Сероочистка дымовых газов тепловых электростанций : учебно-методическое пособие [Текст]/ И.Н. Шмиголь, Ю.П. Ольшанский. - М: ИПКгосслужбы, 2006. – 92с.
  8. Анискин С.В. Теоретические основы моделирования и разработка струйных газопромывателей целлюлозного производства: дис...д-ра техн. наук. – СПб., СПбГУПТД, 2017. – 31с.

**УДК547.425.5**

А.В. Точинов  
магистрант II курса ВШТЭ СПбГУПТД,  
А.А. Ким  
студент IV курса ВШТЭ СПбГУПТД,  
Н.А. Анисимова  
проф. каф. ОХВШТЭ СПбГУПТД

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 19 $\beta$ ,28-ЭПОКСИ-18 $\alpha$ -ОЛЕАНАН-3 $\beta$ -ОЛА  
С ХЛОРАНГИДРИДОМ ТЕТРАФТОРБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ  
И МЕТАНСУЛЬФОХЛОРИДОМ**

Внимание химиков и фармакологов к пентациклическим тритерпеноидам лупанового ряда обусловлено их доступностью и широким спектром физиологической активности. Так, известно, что природные тритерпеноиды и их синтетические аналоги используются в качестве лекарственных препаратов, обладающих фитотоксичностью по отношению к злокачественным опухолям [1].

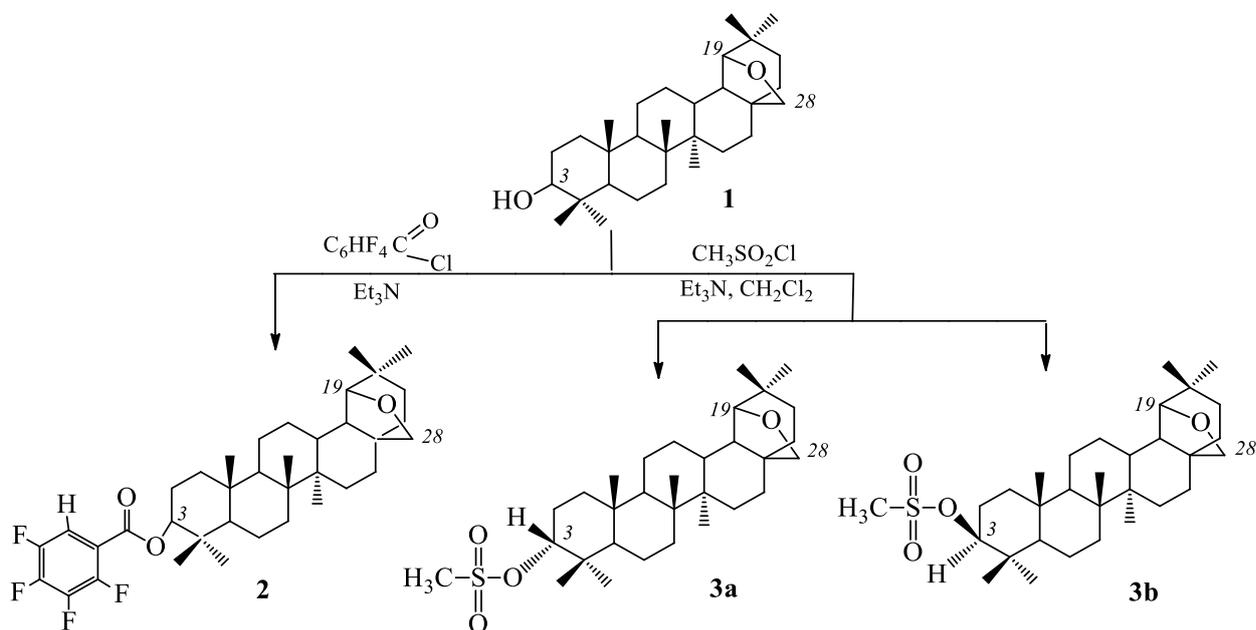
Одним из наиболее изученных представителей этого ряда является бетулин – основной компонент экстрактивных веществ бересты; его содержание составляет 10-35% в зависимости от вида берёзы [2].

Особый интерес представляет собой продукт изомеризации бетулина – аллобетулин, который является удобным предшественником для получения новых биологически активных соединений.

В настоящей работе нами исследовано взаимодействие аллобетулина (**1**) с хлорангидридом тетрафторбензойной кислоты и метансульфохлоридом.

Реакция тритерпеноида (**1**) с галогенангидридом тетрафторбензойной кислоты осуществлялась в присутствии триэтиламина (46 ч, 50°C) и завершалась образованием сложного эфира тетрафторбензойной кислоты (**2**) – 19,28–эпоксиолеанан-3-*o*-2,3,4,5-тетрафторбензоата с выходом 52 %.

Взаимодействие аллобетулина (**1**) с метансульфохлоридом проводили по известной методике [3] в хлористом метиле при выдержке реакционной смеси в течение 1 ч при 0°C в присутствии триэтиламина. Как и следовало ожидать, реакция сопровождалась получением 3-*o*-метилмезилата аллобетулина в виде двух диастереомеров (**3a**, **b**) с общим выходом 94 %.



Состав и строение полученных продуктов (**2**, **3a**, **3b**) подтверждены современными физико-химическими методами исследования с использованием ИК, ЯМР<sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C, <sup>19</sup>F, НМҚС, НМВС спектроскопии и масс-спектрометрии.

## Библиографический список

1. Толстикова, Г.А. Бетулин и его производные. Химия и биологическая активность / Г.А. Толстикова. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – № 13. – С. 1- 30.
2. Шарков, В.И. К вопросу о химическом составе древесной коры (сообщение 1) / В.И. Шарков, И.А. Белявский // Лесохимическая промышленность. – 1932. – № 3 – 4. – С. 30 - 33.
3. Amaresh, Mihra. New push–pull type dendritic stilbazolium dyes: synthesis, photohysical and electrochemical investigation / Mihra. Amaresh, S. Haram. Nanda. // Dyes and Pigments. – 2004. – № 63. – P. 191 - 202.

## УДК 532

А.А. Трубникова, А.С. Бирюкова  
студенты III курса, ВШТЭ СПбГУПТД,  
Г.Ю. Бутко  
доц. каф. ПиАХТ ВШТЭ СПбГУПТД,  
С.С. Синегубов  
к.т.н., доц. каф. МАС ВШТЭ СПбГУПТД

## ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ НАПРЯЖЕНИЯМИ И СКОРОСТЯМИ ДЕФОРМАЦИИ ДЛЯ НЬЮТОНОВСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

В отличие от твердых тел при движении жидкостей происходит деформационное движение, которое соответствует, в условиях несжимаемости, деформации формы частиц.

Тогда, рассмотрим взаимодействия внутренних сил (вязкости и межфазного натяжения) и внешних (инерции и сил Кориолиса), получим соотношения для напряжений и скоростей деформаций по аналогии для упругого твердого тела [1, 2].

Используя выражение для закона Гука:

$$\sigma_x - \bar{\sigma} = 2\left(\frac{F}{L^2}\right)\left(\varepsilon_x - \frac{e}{3}\right) \quad (1)$$

и проводя аналогично для ньютоновской жидкости:  $F_\mu = -\mu \frac{dW}{dn} \Delta S$ , напишем подобное соотношение выразив напряжения и скорость деформации в виде:

$$\sigma_x - \bar{\sigma} = 2\left(\frac{F \cdot T}{L^2}\right) \frac{\partial}{\partial t} \left(\varepsilon_x - \frac{e}{3}\right). \quad (2)$$

Отсюда следует, что для сохранения правильной размерности коэффициент пропорциональности должен содержать время, поэтому динамическая вязкость  $\mu$  в свойствах жидкости имеет роль аналогичную роли модуля сдвига для твердых тел, имея размерность  $\left(\frac{F \cdot T}{L^2}\right)$ .

В этом случае соотношения между напряжениями и скоростями деформации для жидких тел может быть записана:

$$\sigma_x - \bar{\sigma} = 2\mu \frac{\partial \varepsilon_x}{\partial t} - \frac{2}{3}\mu \frac{\partial e}{\partial t}. \quad (3)$$

Компонент  $\frac{\partial \varepsilon_x}{\partial t}$  – скорость линейной деформации и соответственно равен:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\right) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial \xi}{\partial t}\right) = \frac{\partial U}{\partial x} \quad (4)$$

$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}$  – скорость объёмной деформации элемента жидкости.

В этом случае следует:

$$\frac{\partial e}{\partial t} = \nabla \frac{\partial \delta}{\partial t} = \nabla U \quad (5)$$

По определению, несжимаемой называется жидкость, в которой скорость деформации равна 0. Тогда условие несжимаемости выглядит:

$$\frac{\partial e}{\partial t} = \nabla V = 0 \quad (6)$$

Это условие хорошо соблюдается практически для всех несжимаемых (ньютоновских) жидкостей.

При подстановке скорости линейной деформации (4) и объёмной деформации (5) получим, что нормальное напряжение при этом будет соответствовать:

$$\sigma_x = \bar{\sigma} + 2\mu \frac{\partial U}{\partial x} - \frac{2}{3}\mu(\nabla \cdot V) \quad (7)$$

Следуя той же аналогии, касательные напряжения, для упругого твердого тела, имеют вид:

$$\tau_{xz} = \tau_{zx} = G\left(\frac{\partial \xi}{\partial z} + \frac{\partial \xi}{\partial x}\right) \quad (8)$$

Тогда в случае ньютоновской жидкости получим соотношение в виде:

$$\tau_{yx} = \tau_{xy} = \mu\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right) \quad (9)$$

В расчетах необходимо иметь в виду, что как связанное термодинамическое давление и среднее нормальное напряжение  $\bar{\sigma}$ .

Эта проблема может быть решена двумя путями:

1. В первом случае вязкие касательные напряжения могут быть выражены через коэффициент динамической вязкости ( $\mu$ ), связывающий касательное напряжение и скорость деформации. Здесь мы имеем полную аналогию со свойствами для упругих тел:

$$\bar{\sigma} = -p = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \quad (10)$$

Знак (-) предполагает, что давление было величиной положительной в сжатой жидкости.

2. Другой вариант проблемы объясняется тем, что необходимо использовать опытные данные для расчета эффектов, соответствующих сжимаемым жидкостям или газам.

В этом случае  $\sigma$  можно представить как сумму термодинамического давления ( $p$ ) и слагаемое, содержащее второй коэффициент вязкости (7). В однородной жидкой среде это соотношение выглядит как:

$$\bar{\sigma} = -p + \mu'(\nabla V)$$

$\mu'$ -коэффициент вязкости, связанный с объемной деформацией. В этом случае, запишем:

$$-p = \bar{\sigma} - \mu'(\nabla V) = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) - \mu'(\nabla V). \quad (11)$$

В уравнении (11) последний компонент важен лишь тогда, когда скорость изменения объема достаточно велика. Обычно для неньютоновских жидкостей  $\bar{\sigma} = (-p)$ .

Предполагая, что при объемной деформации влияние вязкости отсутствует и, подставив (10) в (7), получим соотношение между нормальными напряжениями и скоростями деформациями:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= -p + 2\mu \frac{\partial U}{\partial x} - \frac{2}{3}\mu(\nabla V) \\ \sigma_y &= -p + 2\mu \frac{\partial V}{\partial y} - \frac{2}{3}\mu(\nabla V) \\ \sigma_z &= -p + 2\mu \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{2}{3}\mu(\nabla W) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Для касательных напряжений соответствующие расчеты имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} \tau_{yx} = \tau_{xy} &= \mu \left( \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial U}{\partial y} \right) \\ \tau_{yz} = \tau_{zy} &= \mu \left( \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial z} \right) \\ \tau_{zx} = \tau_{xz} &= \mu \left( \frac{\partial U}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial x} \right) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Анализ уравнений (18) показывает, что нормальное напряжение в том или ином направлении не равно среднему из трёх взаимно ортогональных нормальных напряжений, если только вязкие эффекты не равны 0 или жидкость не находится в покое.

Если жидкость невязкая, все нормальные напряжения между собой равны, а касательные равны 0.

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x = \sigma_y = \sigma_z &= \bar{\sigma} \\ \tau_{xy} = \tau_{yz} = \tau_{zx} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Это условие (14) будет справедливым для любой жидкости, находящейся в состоянии равновесия.

### Библиографический список

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Гостехиздат, 1950. - 676 с.
2. Дейли Дж., Харлеман Д. Механика жидкости. - М.: Энергия, 1971. - 480 с.

А.Н. Харламова

магистрант II курса ВШТЭ СПбГУПТД,

Е. Ю. Демьянцева

к.х.н., доц. каф. Ф и ХК ВШТЭ СПбГУПТД

**РОТАБЕЛЬНОЕ ЦЕНТРАЛЬНО-КОМПОЗИЦИОННОЕ  
ПЛАНИРОВАНИЕ В МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ  
ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ АМФИФИЛЬНЫМИ  
СОЕДИНЕНИЯМИ**

Одной из основных проблем в целлюлозно-бумажном производстве являются смоляные затруднения. Помимо традиционных (нехимических) методов борьбы с вредной смолой также получила широкое применение реагентная обработка целлюлозной массы поверхностно-активными веществами (ПАВ).

Кроме решения проблем «смоляных затруднений», поверхностно-активные вещества в ЦБП применяют для облагораживания макулатурного сырья, очистки различных производственных поверхностей, смачивания картона, умягчения бумаг санитарно-гигиенического назначения и пеногашения.

ПАВ образуют мицеллы, в которые включаются молекулы всех поверхностно-активных компонентов, присутствующих в смеси. Особенности образования смешанных мицелл, их молекулярный состав, установление критической концентрации мицеллообразования и возможность предсказания этих величин вызывает интерес у исследователей. Изучение смешанных систем представляют как практический, так и теоретический интерес, так как применение смесей ПАВ способствует понижению расхода реагентов.

Экологическая проблема является актуальной для всего мирового сообщества. Разработка инновационных процессов, направленных на

интенсификацию технологического процесса, способствует как снижению стоимости продукции, так и уменьшению негативного антропогенного влияния на природу.

В настоящее время широкое применение в ЦБП получили различные биодобавки в качестве компонентов многих реакционных смесей, используемых при производстве целлюлозы и бумажных продуктов. Особое место в развивающихся технологиях получили ферменты. Процессы с участием ферментов характеризуются избирательной специфичностью и высокими скоростями, их применение уменьшает воздействие на окружающую среду. Широкое распространение получила липаза, действие которой направлено на расщепление жиров, что является основным компонента смоляных отложений вредной смолы [1]. Недостатком применения липазы является его высокая стоимость, поэтому исследование совместного применения смесей ПАВ-энзим является актуальным.

Общность природы ПАВ и ферментов обуславливает их широкое совместное применение. Молекулы белка имеют дифильное строение и обладают поверхностной активностью. Однако сведений о структуре надмолекулярных ансамблей на поверхности раздела фаз и о взаимодействии их с мицеллами поверхностно-активных веществ недостаточно. Взаимодействие между молекулами белка и ПАВ зависит от природы и концентрации амфифильного соединения. При их взаимодействии возможно изменение конформации фермента. Применение композиций на основе из ПАВ и фермента не лишено недостатков. Существует проблема, связанная с изменением активности фермента в растворах алифатических соединений. Изменение каталитической активности фермента связывают с модификацией его структуры в присутствии ПАВ. Взаимодействие между молекулами и мицеллами ПАВ и фермента зависит от природы молекул и ряда внешних факторов.

В настоящее время составление композиций ПАВ-энзим, несмотря на множество проведенных исследований, осуществляется эмпирическим путем,

так как разработаны лишь общие положения теории обессмоливающего действия, и пока она не способна прогнозировать процесс и свойства многокомпонентных систем. Однако не было уделено достаточного внимания строению агрегатов ПАВ с энзимами, а также установлению закономерности влияния комплекса факторов на успешность обессмоливания. Данные о влиянии поверхностно-активных веществ на каталитическую активность ферментов противоречивы. В ряде работ [1,2] установлено инактивирующее влияние ПАВ на ферменты, но в [3] наблюдается обратная картина.

Поиск оптимальных условий является одной из основных научно-технических задач. Проведение активного эксперимента при установлении влияния большого количества факторов на систему достаточно трудоемко. Сложность таких многофакторных систем заключается в большом количестве всевозможных сочетаний факторов, влияющих на объект, и, как следствие, получается, что их перебор слишком велик. Для упрощения поставленной задачи используют различные методы планирования эксперимента.

В настоящей работе был выбран ротабельный центрально-композиционный план для установления зависимости каталитической активности липазы от трех факторов. В качестве факторов были выбраны pH, температура и соотношение компонентов.

Целью данной работы является определение влияния ряда факторов на систему, состоящую из фермента и ПАВ.

Объектами исследования являлись системы ПАВ-фермент. В качестве фермента была выбрана липаза как один из энзимов, который широко применяется в промышленности, и поверхностно-активное вещество синтанол ДС-10.

На основании полученных данных были определены каталитические активности липазы в смеси с синтанолом ДС-10.

По полученным математическим зависимостям возможно спрогнозировать влияние ряда факторов на каталитическую активность применяемых в технологических процессах ферментов, в частности в

условиях процесса обессмоливания целлюлозных полуфабрикатов.

### **Библиографический список**

1. Емельянова М.В. Ферментативное обессмоливание целлюлозы и механической массы: автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Архангельск, 2007. – 19 с.
2. Богданова Л.Р. Механизмы регуляции активности липаз в микрогетерогенных системах на основе амфифильных соединений: автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Казань, 2012.- 22 с.
3. Петрунина Л.С. Разработка физико-химических основ и технологии удаления жировых загрязнений с текстильных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М., 2009. – 16 с.

**УДК 621**

В.Д. Цимбал

магистрант II курса ВШТЭ СПбГУПТД

### **РЕГУЛИРУЮЩИЕ КЛАПАНЫ ПРИ ПРИСОЕДИНЕНИИ СИСТЕМ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ К КОТЕЛЬНОЙ ЧЕРЕЗ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛИТЕЛЬ**

Потребитель теплоты соединяется с источником теплоты (котлом) системой теплопроводов, образуя замкнутый циркуляционный контур (рис. 1а). При этом расход теплоносителя через потребитель теплоты может быть меньше расхода через котел за счет частичной рециркуляции теплоносителя, создаваемой автоматической системой повышения температуры обратной воды котла с помощью регулирующего трехходового смесительного клапана. Неустойчивость расхода теплоносителя приводит в современной автоматизированной системе отопления к понижению качества регулирования и к снижению теплопроизводительности котла [1].

Добиться устойчивых гидравлических режимов эксплуатации котла и системы теплотребления можно путем создания самостоятельных циркуляционных контуров для каждого из них с помощью гидравлического разделителя (рис. 1б) [2]. Для каждого из этих контуров предусматриваются самостоятельные циркуляционные насосы с подачей соответственно  $G$  котла и  $G_1$ .

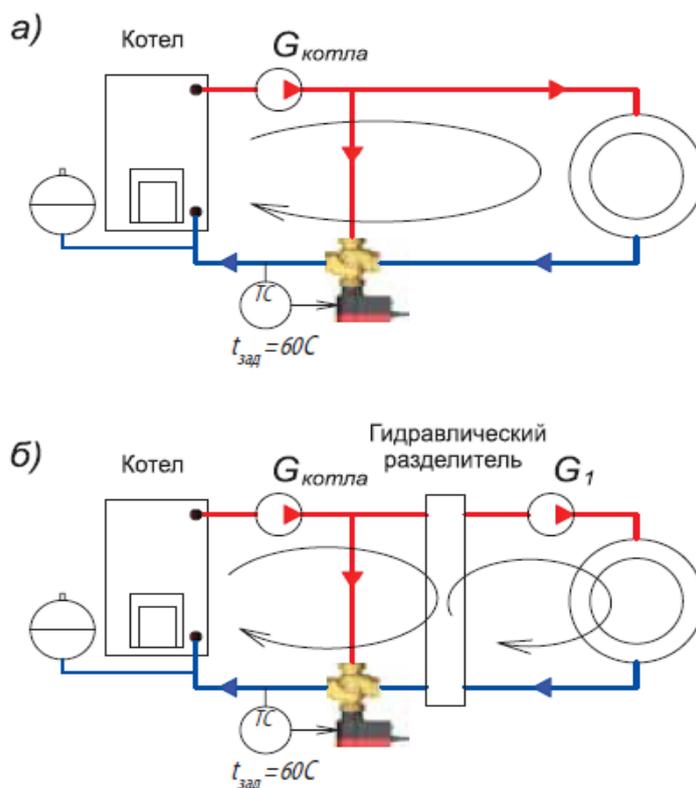


Рис. 1. Общая схема системы теплотребления:  
а) одноконтурная; б) двухконтурная с гидравлическим разделителем

*Гидравлический разделитель* конструктивно весьма прост, так как представляет собой замкнутую емкость с двумя парами отверстий для присоединения гидравлического контура котла и системы теплотребления.

Гидравлический разделитель зачастую является необходимым решением при присоединении группы котлов к системе теплотребления или при использовании котлов для сжигания каменного угля или дров.

Такие котлы имеют значительную тепловую инерцию из-за наличия раскаленного угля в топке или раскаленных керамических блоков в котлах пиролизного сжигания дров. Ввиду этого обстоятельства котел имеет

значительное запаздывание на воздействие автоматических регуляторов, что отрицательно сказывается на качестве горения топлива и на качестве регулирования системы теплоснабжения.

В таких случаях между котлом и системой теплоснабжения следует предусматривать буферную тепловую емкость, исполняющей также функции гидравлического разделителя (рис. 2). Повышение температуры обратной воды котла обеспечивает подмешивающий насос, управляемый двухпозиционным регулятором температуры.

На рис. 2 представлен один из простейших вариантов устройства, позволяющего сбросить излишки теплоты из котла, а при закипании воды в нем – обеспечить сброс пара без потерь теплоносителя. В данном случае используется расширительный бак, работающий под атмосферным давлением и имеющий повышенный объем по сравнению с требуемым.

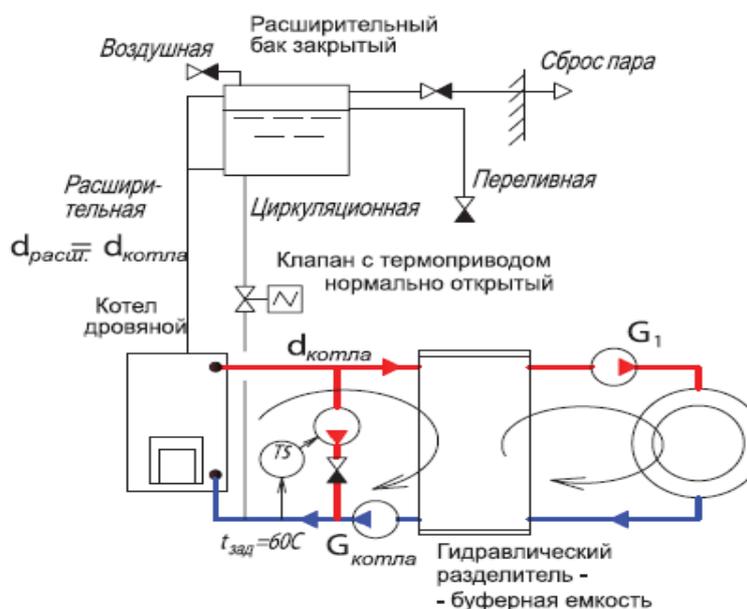


Рис. 2. Общая схема двухконтурной системы теплоснабжения с буферной емкостью в качестве гидравлического разделителя

Клапан с термоприводом на циркуляционной трубе в эксплуатационном режиме находится под электрическим питанием. Поэтому клапан закрыт, циркуляционная труба перекрыта, циркуляция воды через расширительный

бак отсутствует, и температура воды в нем соответствует температуре окружающей среды.

При аварийном отключении электроснабжения выключаются циркуляционные насосы и дутьевой вентилятор котла, но открывается клапан на циркуляционной трубе, создавая естественную циркуляцию между котлом и расширительным баком. Вода в котле нагревается раскаленными углями и нагретыми керамическими камнями и за счет естественной циркуляции теплота передается воде в расширительном баке. В случае закипания воды в котле, образующаяся пароводяная смесь поднимается по расширительной трубе в верхнюю часть расширительного бака, где вода отделяется в объеме расширительного бака, а водяной пар сбрасывается в атмосферу. Таким образом, вода из системы не сбрасывается, и эксплуатация системы продолжается при восстановлении электроснабжения без подготовительных мероприятий. При конструировании необходимо предусмотреть, чтобы диаметры расширительной трубы и свечной трубы для сброса пара были бы не менее диаметра циркуляционного трубопровода котла.

Гидравлические разделители имеют самые разнообразные конструктивные решения и имеют широкое применение в современной отопительной технике, в том числе и в зависимых схемах присоединения потребителей теплоты к централизованным тепловым сетям.

### **Библиографический список**

1. Покотиллов В. В. Регулирующие клапаны автоматизированных систем тепло- и холодоснабжения. - Вена: фирма «HERZ Armaturen», 2017. – 230 с.
2. Рафальская Т. А. Графики регулирования тепловой нагрузки централизованных систем теплоснабжения // Техника. Технологии. Инженерия. — 2016. — №1. — С. 40-46. — URL <https://moluch.ru/th/8/archive/36/1007/> (дата обращения: 28.02.2018).

А.С. Цырульникова  
магистрант II курса магистратуры ВШТЭ СПбГУПТД,  
С.В. Вершилов  
ст.н.с., к.х.н. ФГУП НИИСК им. академика С.В. Лебедева,  
Л.М. Попова  
проф., д.х.н. каф. ОХ ВШТЭ СПбГУПТД,  
Д.А. Калабушкин  
сотрудник ФГУП НИИСК им. академика С.В. Лебедева

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АЛЛИЛГЛИЦИДИЛОВОГО ЭФИРА С О-НУКЛЕОФИЛАМИ**

В настоящее время такие непредельные соединения как дифторэтилен, трифтор(хлор)этилен, тетратфторэтилен и гексафторпропилен являются основой при разработке полимеров, обладающих комплексом уникальных свойств. Такие свойства как химическая и термическая устойчивость, стойкость к излучениям обеспечивают успешное применение изделий из фторполимеров в экстремальных условиях эксплуатации. Фторполимеры характеризуются низкой поверхностной энергией, в связи с чем плохо смачиваются водой, маслом, растворителями и другими жидкостями, т.е. являются гидро- и олеофобными [1].

В последние годы все большее значение приобретают полимеры, содержащие атомы фтора в боковых цепях. Это обусловлено тем, что фтормономеры имеют низкую активность в реакциях с обычными мономерами (не содержащими фтора), высокую стоимость, а фторполимеры сложны в переработке и имеют низкую биоразлагаемость [2]. В отличие от них, фторсодержащие аллиловые эфиры, акрилаты и малеаты способны легко сополимеризоваться с другими традиционными мономерами. На основе такой стратегии может быть получено большое число различных и недорогих сополимеров.

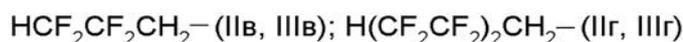
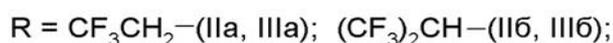
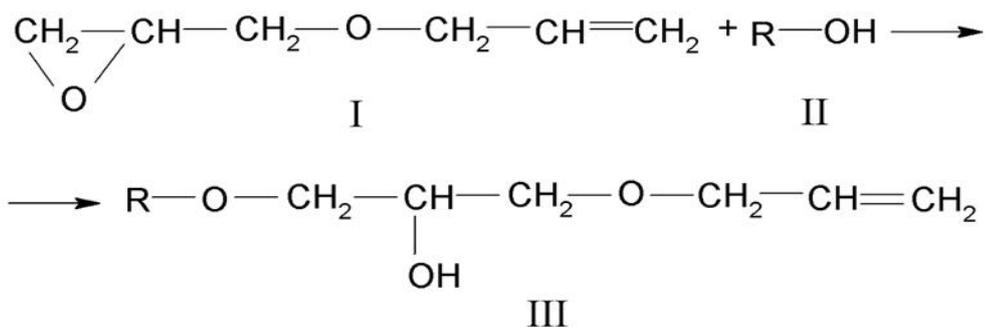
Целью данной работы является изучение взаимодействия аллилглицидилового эфира (АГЭ) с фторсодержащими спиртами.

В соответствии с поставленной целью, задачами первого этапа данной работы являлись: 1. Определение условий синтеза целевых фторсодержащих аллиловых эфиров; 2. Установление возможности использования метода ГЖХ для контроля глубины протекания реакций; 3. Изучение полученных соединений методом ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{19}\text{F}$  спектроскопии.

Анализ литературных данных показал, что присоединение спиртов с эпоксидами может протекать как по первичному, так и по вторичному атомам углерода глицидного фрагмента [3,4]. Кроме того, возможно взаимодействие АГЭ с гидроксильными группами аддуктов. Однако, применение основного катализатора и подходящего растворителя может обеспечить селективность процесса.

В результате проведенных экспериментов нами установлено, что целевые эфиры образуются при нагревании фторсодержащих спиртов с АГЭ в среде 1,4-диоксана в присутствии органического основания (триэтиламин). Это можно подтвердить появлением характерных сигналов с химическими сдвигами 3.4-4.9 м.д. в спектрах ЯМР  $^1\text{H}$  продуктов [5], а также новых сигналов с относительно высокими временами удерживания (см. таблицу).

Целевые продукты (Ша-г) получали при взаимодействии АГЭ (I) и трифторэтанола (IIa), гексафторизопропанола (IIб), а также спиртов-теломеров  $n = 1$  (IIв) и  $n = 2$  (IIг) (см. схему):



### Схема взаимодействия

### Экспериментальная часть

Газохроматографический анализ реакционных смесей и продуктов реакции выполнен на хроматографе Perkin Elmer, набивная колонка 1.8 м x 3.175 мм, неподвижная фаза OV-215 (15%) на хромосорбе W-AW-DMCS, расход газа-носителя (гелия) 10 мл/мин (детектор катарометр).

Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{19}\text{F}$  регистрировали на приборе Bruker AM 500 с рабочей частотой 500.13 МГц для  $^1\text{H}$  и 470.56 МГц – для  $^{19}\text{F}$  в растворе  $\text{CDCl}_3$ ; эталон – гексафторбензол.

В качестве исходных веществ использовали аллилглицидиловый эфир (I), трифторэтанол (IIa), гексафторизопропанол (IIб), 2,2,3,3-тетрафторпропан-1-ол (IIв), 1H,1H,5H-перфторпентан-1-ол (IIг). Перед синтезом фторированные спирты перегоняли. Температуры кипения соответствовали справочным данным (см. таблицу). Очистку 1,4-диоксана осуществляли известным методом [5].

### Характеристики исходных веществ и продуктов реакции [6]

Шифр соединения	Т. кип., °С	$d^{20}$ , г/см <sup>3</sup>	$\tau_{уд.}$ , с
I	153.9	0.967	437.00
IIa	74-75	1.390	49.40
IIб	59-60	1.605	56.50
IIв	108-109	1.388	172.40
IIг	140-141	1.667	352.00
IIIa	-	-	-
IIIб	-	-	652.80
IIIв	-	-	647.80
IIIг	-	-	688.10

#### *Общая процедура синтеза (IIIa-б)*

К 0.1 моль спирта (IIa-б) добавляли 40 мл 1,4-диоксана, 3-4 капли триэтиламина (ТЭА), после чего добавляли по каплям эквимольное количество АГЭ (I) при интенсивном перемешивании и нагревании до 70-85°C, после чего смесь выдерживали при этой температуре в течение 20-22 ч. Продукты реакции (IIIa-б) выделяли путем высаживания в дистиллированную воду, отделяли органический слой, промывали водой (3x30 мл) и сушили над Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. По данным ГЖХ наблюдали образование (IIIa-б).

#### *Общая процедура синтеза (IIIв-г)*

К 50 мл 1,4-диоксана добавили 0.2 моль спирта (IIв-г) и несколько капель ТЭА, затем нагрели до 70-80 °С и прибавляли эквимольное количество АГЭ (I) в течение 1,5 ч. Затем реакционную смесь выдерживали при перемешивании в течение 9,5 ч (90-95°C) для (IIIв) и 12 ч (70°C) для (IIIг). После выделения и осушки выход (IIIв) составил 8.8 г (18 %) и (IIIг) 52.7 г (76.2 %). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H,  $\delta$ , м.д.: 2.68 (с, 1H, C<sup>6</sup>OH), 3.05 (с, 2H, O-C<sup>5</sup>H<sub>2</sub>), 3.22 (с, 2H, O-C<sup>7</sup>H<sub>2</sub>), 3.65 (д,  $J=22$  Гц, 2H, O-C<sup>3</sup>H<sub>2</sub>), 4.56 (с, 2H, O-C<sup>9</sup>H<sub>2</sub>), 5.2 (д,  $J=17$  Гц, 2H, =CH<sub>2</sub>), 5.74 (с, 1H, -CH=), 5.78 (т,  $J=27$  Гц, 1H, CHF<sub>2</sub>). Спектр ЯМР <sup>19</sup>F,  $-\delta$ , м.д. (IIIв): 140.08 (д,  $J=51$  Гц, 2F, CHF<sub>2</sub>), 127.89 (с, 2F, C<sup>10</sup>F<sub>2</sub>).

Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м.д. (ШГ): 2.45 (с, 1H,  $\text{C}^6\text{OH}$ ), 2.83 (с, 2H,  $\text{O}-\text{C}^5\text{H}_2$ ), 3.18 (с, 2H,  $\text{O}-\text{C}^7\text{H}_2$ ), 3.44 (д,  $J=21\text{Гц}$  2H,  $\text{O}-\text{C}^3\text{H}_2$ ), 4.15 (с, 2H,  $\text{O}-\text{C}^9\text{H}_2$ ), 4.91 (д,  $J=16\text{Гц}$ , 2H,  $=\text{CH}_2$ ), 5.55 (с, 1H,  $-\text{CH}=\text{C}$ ), 5.83 (т,  $J=26\text{Гц}$ , 1H,  $\text{CHF}_2$ ). Спектр ЯМР  $^{19}\text{F}$ ,  $-\delta$ , м.д.: 136.81 (д,  $J=52\text{Гц}$ , 2F,  $\text{CHF}_2$ ), 129.38 (с, 2F,  $\text{C}^{12}\text{F}_2$ ), 124.54 (с, 2F,  $\text{C}^{11}\text{F}_2$ ), 121.18 (с, 2F,  $\text{C}^{10}\text{F}_2$ ).

### Заключение

Изучено взаимодействие аллилглицидилового эфира (I) с трифторэтанолом (IIа), гексафторизопропанолом (IIб) и спиртами-теломерами  $n=1$  (IIв)  $n=2$  (IIг) в присутствии триэтиламина в 1,4-диоксане в интервале температур от 70 до 95°C.

Экспериментально установлено, что условиях реакции происходит раскрытие эпоксидного кольца в аллилглицидиловом эфире (I), сопровождающееся присоединением полифторированных спиртов (II) по первичному атому углерода с образованием соответствующих аддуктов (III).

### Библиографический список

1. Zhou, X. Latices of poly-(fluoroalkylmethacrylate-)-b-poly-(butylmethacrylate) copolymers prepared via reversible addition-fragmentation chain transfer polymerization / X. Zhou, P. Ni, Z. Yu, F. Zhang // J. Polym. Sci. – 2007. – P. 471-484.
2. Yao, W. Fluorinated poly(meth(acrylate): synthesis and properties / W. Yao, Y. Li // Polymer. – 2014. – P. 6197-6211.
3. Pavlovic, D. Functionalization of epoxy esters with alcohols as stoichiometric reagents / D. Pavlovic, B. Modec // Acta Chim. Slov. – 2014. – P. 362-370.
4. Shechter, L. Glycidyl ether reactions with alcohols, phenols, carboxylic acids and acid anhydrides / L. Shechter, J. Wynstra // Industrial and engineering chemistry. – 1956. – P. 86-93.
5. Liu, F. Synthesis and characterization of dimethacrylate monomer with high molecular weight for root canal filling materials / F. Liu, J. He, Z. Lin // Molecules. – 2006. – P. 953-958.

6. Гордон, А. Спутник химика: справ. изд. / А. Гордон, Р. Форд. – М.: Мир, 1976. – 541 с.

## **УДК 666.11.01**

Р.А. Чирков

магистрант II курса ВШТЭ СПбГУПТД,

А.В. Левин

к.т.н. доц. каф. ООС и РИПР ВШТЭ СПбГУПТД

### **ХАРАКТЕРИСТИКА ТРИПЛЕКС СТЕКЛА КАК ОТХОДА**

Триплекс — это многослойное стекло, между двумя листами которого расположена пленка. У таких стекол разрушающая нагрузка на 60–80 % выше, чем у обычного, из-за чего осколки не разлетаются, а удерживаются на пленке. Триплекс, в отличие от обычного стекла, обладает повышенной степенью тепло- и звукоизоляции.

Как отход триплекс стекло образуется путем замены старого (битого, треснувшего) стекла на новое. Основными источниками служат автосервисы, которые обслуживают автомобили, либо государственные предприятия, занимающиеся утилизацией бывших в работе транспортных средств. Также триплекс как отход может образовываться при замене стекол обслуживающей компанией в зданиях.

Практически во всех процессах, связанных с заменой триплекса, конечной его стадией является захоронение на полигонах. Вследствие этого образуются большие объемы этого отхода.

Стекло представляет собой композицию из нескольких силикатных стекол, склеенных между собой полимерными или другими склеивающими материалами. В зависимости от защитных требований допускается в сочетании с силикатными стеклами использование органических стекол, поликарбоната, противоосколочных пленок и других полимерных материалов [1].

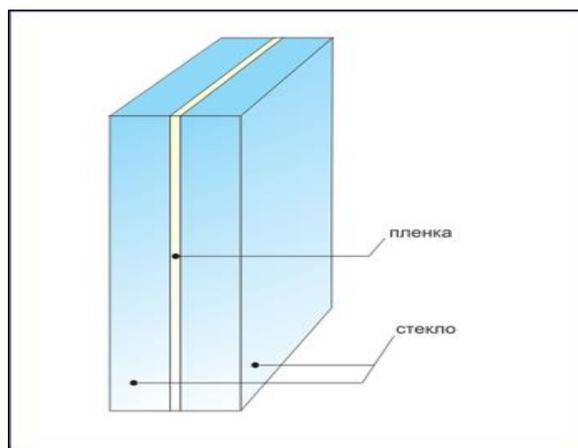


Рис. 1. Триплекс стекло

Силикатное стекло является твердым, прозрачным материалом, состоящим из соды, известняка и песка. Химическая формула силикатного стекла  $\text{Na}_2\text{O} \times \text{CaO} \times 6\text{SiO}_2$ .

Размеры кусков стеклянного боя для стекловарения 1-го сорта должны быть от 10 до 50 мм. Допускается содержание в партии боя 1-го сорта кусков размером более 50 мм не более 5%, размером менее 10 мм — не более 1 %. Размеры кусков боя 2-го сорта не нормируют, масса отдельных кусков боя не должна быть более 2 кг.

Допускаемое количество примесей в партии стеклянного боя приведено в табл.1 [3].

Поливинилбутиральная пленка соответствует ГОСТ 9438-85 и может иметь в составе до, %:

- 49,85 пластификатора;
- 79,85 ацетализированного поливинилового спирта;
- 0,8 воды;
- 20 ацетатных групп;
- 25 винилспиртовых групп [2].

Таблица 1

Группа примесей	Наименование примесей	Допускаемое количество примесей в стеклянном бое, %	
		1-го сорта	2-го сорта
1	Триплекс, стекло, армированное металлической сеткой; автомобильные стекла с пленкой, стекло-керамика. металлические предметы и пробки, тугоплавкие стекла, зеркала, керамика, фарфор, шлак, уголь, кирпич, камень, щебень, бетон, асфальт, куски керамзита, резина, пластик	Не допускаются	Не более 2
2	Корковые пробки, бумага, этикетки и другие органические примеси	Не более 0,5	Не более 10
3	Песок, глина и другие нерастворимые примеси	Не более 0,2	Не более 5

Поливинлбутираль — это аморфный бесцветный полимер. Плотность при 20°C 1120 г/см<sup>3</sup>; температура стеклования 57°C; растворяется в спиртах, кетонах, сложных эфирах, смеси этанола с бензолом; не растворяется в бензине, диэтиловом эфире; относительное удлинение 15-25%; температурный коэффициент линейного расширения  $9,2 \cdot 10^{-5} \text{°C}^{-1}$ ; водопоглощение за 24 ч 0,4-3,0%; влагопроницаемость  $2,5 \cdot 10^{-14} \text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$ . Поливинилбутираль хорошо совмещается с пластификаторами (фталатами, себацинатами или другими сложными эфирами), феноло-, мочевино-, меламино-формальдегидными смолами. Обладает хорошими оптическими свойствами, высокой адгезией к дереву, бумаге, тканям и пластмассам, атмосферо- и светостоек, устойчив к действию O<sub>2</sub> и O<sub>3</sub>. Выше 160°C разлагается с выделением воды и масляного альдегида. Группы -ОН в поливинилбутирале могут взаимодействовать с диэпоксидами и диизоцианатами, феноло- и мочевино-формальдегидными смолами, многоосновными кислотами, хроматами и бихроматами металлов, образуя сшитые нерастворимые продукты [4].

На рис. 2 представлена формула поливинилбутирала.

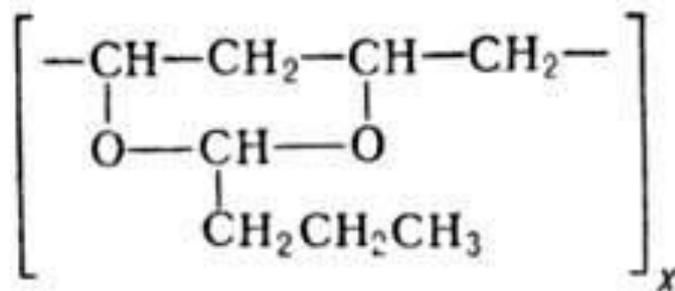


Рис. 2. Поливинилбутираль

Клеящая поливинилбутиральная пленка нетоксична, горюча, легко возгорается от источника зажигания низкой энергии. При температуре выше 135 °С из пленки марки А-17 возможно выделение бензола и этилового спирта, а при нагревании выше 180°С из пленки всех марок выделяются масляный альдегид и окись углерода [2].

При концентрациях выше предельно допустимых масляный альдегид вызывает раздражение кожи и слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, окись углерода - нарушение функции нервной системы; этиловый спирт - раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и оказывает наркотическое действие; бензол оказывает наркотическое действие и при длительном вдыхании вызывает поражение кроветворных органов [2].

Предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны производственных помещений и класс опасности представлены в табл. 2.

Защитное многослойное стекло должно обладать одной или несколькими защитными функциями или характеристиками, указанными в табл. 3 [2].

Таблица 2

Соединение	ПДК (класс опасности)
бензол, мг/м	5 (2-й);
этиловой спирт, мг/м	1000 (4-й);
масляный альдегид, мг/м	5 (3-й);
оксид углерода, мг/м	20 (4-й).

Таблица 3

Защитные функции	Класс защиты/характеристика
Безопасность при эксплуатации	СМ1-СМ4
Ударостойкость	P1A-P5A
Взломостойкость	P6B-P8B
Пулестойкость	C1, Бр1-Бр6
Взрывостойкость	ER1-ER4, (SB1-SB7, EXV45-EXV10)
Огнестойкость (пожаростойкость)	R15-R180, RE15-RE180, RE/15-RE/180, REW/15-REW/180, E15-E180, E/15-E/180, E/W15-E/W180
Звукоизоляция	Не менее 35 дБ

### Библиографический список

1. ГОСТ 30826-2014 Стекло многослойное. Технические условия.
2. ГОСТ 9438-85 Пленка поливинилбутиральная клеящая. Технические условия.
3. ГОСТ 34035-2016 Упаковка стеклянная. Бой для стекловарения. Общие технические условия.
4. Бадалян, В. Е. Производство и применение поливинилбутирала/ В. Е. Бадалян, Ю. П. Кулешова– М.: НИИТЭХИМ, 1984. – 152 с.

М.В. Шилин  
магистрант 1 курса ВШТЭ СПбГУПТД,  
М.С. Липатов  
асс. каф. ТСУ и ТД ВШТЭ СПбГУПТД

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Под *функциональным диагностированием* понимают определение технического состояния системы путем наблюдения за выполнением возложенных на систему функций. Функциональное диагностирование осуществляется во время функционирования объекта, на который поступает только рабочее воздействие.

*Энергетические методы* функционального диагностирования позволяют оценить техническое состояние объектов и систем по их мощностным характеристикам. В качестве диагностических параметров, косвенно характеризующих работоспособность оборудования, в этом случае используют эффективную мощность, силу тяги, рабочую скорость, грузоподъемность, работу, крутящий момент и другие параметры. В зависимости от характера измеряемых диагностических параметров подбирают соответствующее диагностическое оборудование. Основная область применения энергетических методов – диагностика тепловых двигателей [1].

Выделяют четыре основных энергетических метода функционального диагностирования: тормозной, парциальный, дифференциальный и тестовый.

При тормозном методе диагностические параметры измеряются на специальных стационарных тормозных стендах с беговыми барабанами (например, стенд КИ-4856, предназначенный для диагностирования грузовых автомобилей типа ГАЗ и ЗИЛ).

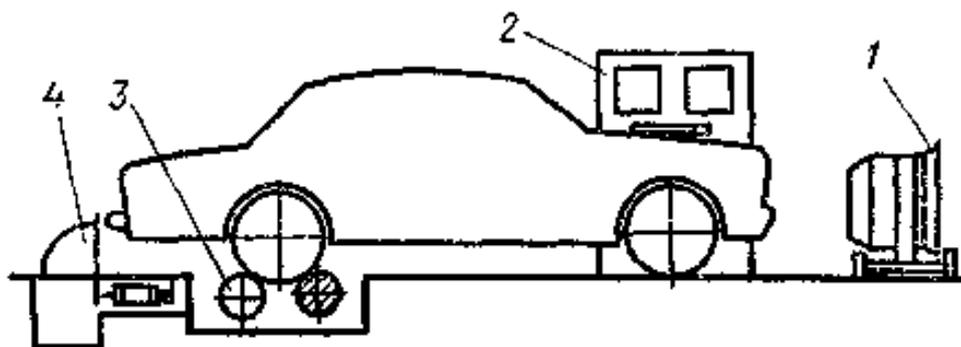


Рис. 1. Схема тормозного стенда:

1 – вентилятор, 2 – пульт управления и индикации, 3 – барабаны опорного устройства, 4 – устройство для отвода отработавших газов

На подобных стендах осуществляют функциональное диагностирование двигателя по таким диагностическим параметрам, как эффективная мощность, удельный расход топлива, содержание окиси углерода в отработавших газах и т.п.

Эффективная мощность двигателя определяется по частоте вращения и крутящему моменту, замеренным с помощью нагрузочного (тормозного) устройства стенда. Расход топлива может быть замерен расходомером, установленным на стенде, либо переносным. В качестве расходомеров используют мерные сосуды, массовые устройства, ротаметры или тахометрические фотоэлектрические расходомеры. Примером расходомера фотоэлектрического типа является расходомер непрерывного действия К-427, который позволяет измерять как мгновенный, так и суммарный расход топлива двигателем.

Для тракторных и тепловозных дизелей разработаны парциальный и дифференциальный методы, позволяющие проводить диагностирование работающих двигателей на тормозных стендах малой мощности. В этом случае для диагностирования используют различные переносные приборы или их совокупность в виде передвижных или переносных стендов типа мотортестер или автотестер [3].

Парциальный и дифференциальный методы основаны на выключении из работы отдельных цилиндров. Парциальный метод предполагает деление цилиндров двигателя на группы, поочередно выключаемые из работы, дифференциальный метод - поочередную работу двигателя на одном цилиндре при выключенных остальных. Цилиндры отключаются при прекращении подачи в них топлива. Оба метода предусматривают проведение испытаний на режиме номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя при полной подаче топлива в работающие цилиндры. При этом проводится диагностирование как работающих, так и неработающих цилиндров. При выключении цилиндров создается нагрузка на работающие цилиндры.

В случае использования парциального метода нагрузка, создаваемая при отключении группы неработающих цилиндров, недостаточна для обеспечения номинальной частоты вращения коленчатого вала. Этот недостаток метода устраняют применением догрузочных устройств. В качестве этих устройств используют либо тормозные устройства стенда, либо внутренние потребители мощности транспортной установки.

Дифференциальный метод позволяет определить отклонение мощности от номинального значения по отдельным цилиндрам. Нагружение работающего цилиндра или минимальной группы цилиндров производится за счет выключения цилиндров с целью получения устойчивого скоростного режима ниже номинального, а для вращения и вывода двигателя на номинальный режим необходимо подключение внешнего источника энергии [2].

Стационарные нагрузочные стенды позволяют проводить тестовое диагностирование двигателей. В этом случае осуществляется прокручивание коленчатого вала двигателя от постороннего источника при периодических пневматических воздействиях для перемещения в пределах зазора деталей кривошипно-шатунного механизма. Тестовое диагностирование облегчает поиск и обнаружение дефектов.

Преимуществами энергетических методов диагностирования являются высокая точность, возможность непосредственного измерения и определения показателей эффективности и экономичности, возможность использования установок малой мощности (для парциального и дифференциального методов).

Основным недостатком энергетических методов функционального диагностирования являются значительные капиталовложения. Тормозной стенд на сегодняшний день имеет стоимость порядка 600 тыс. руб. и требует отдельного помещения с принудительной вентиляцией [4]. Аналогичную конструкцию и несколько меньшую стоимость имеют стенды для измерения мощности парциальным методом. Суммарная мощность работающих цилиндров значительно меньше полной мощности двигателя, и поэтому в конструкции стенда можно использовать маломощный тормоз. В дифференциальном методе измерения мощности к работающему двигателю с отключёнными цилиндрами подключают небольшую силовую установку [5].

#### **Библиографический список**

1. Волков Ю.В. Системы технического диагностирования, автоматического управления и защиты: учебное пособие. /ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2016. Ч. 1.-115 с.
2. Мальцев В.А., Упкунов Ю.Н. Анализ методов и средств определения мощностных показателей ДВС. //Актуальные вопросы аграрной науки, 2012. № 3. С. 5-12.
3. [URL] <http://liciss.ru/spcd/161.html>, (Дата обращения: 16.11.2018).
4. [URL] <http://ex-kavator.ru/diag.php?r=tech&id=14>, (Дата обращения 17.11.2018).
5. [URL] <http://mybiblioteka.su/tom2/10-110120.html>, (Дата обращения: 17.11.2018).

## Содержание

Андреев А.А., руководитель Злобин В.Г. Энергетические ресурсы Российской Федерации.....	3
Базулин И.С. Тепловые методы функционального диагностирования.....	6
Волчек А.В., руководитель Труханова И.А. АСУ ТП Юго-Западной ТЭЦ.....	10
Галчинова Т.А. Информационная безопасность в сетях ЭВМ.....	13
Григорьев М.Р., руководитель Морева Ю.Л. Локализация фильтрата на полигонах ТКО.....	16
Здоровцева А.Г., руководитель Волкова Е.Н. Диагностика биотоксичности почвы в зоне влияния несанкционированной свалки...	21
Лялина Ю.А., руководитель Анисимова Н.А. Изучение водородных связей в составе картона.....	25
Макарчев А.О., руководитель Морева Ю.Л. Разработка мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду при водопотреблении на ТЭЦ.....	27
Михайлова С.Б., руководитель Дягилева А.Б. Исследование влияния коросодержащего потока на развитие высших растений.....	33
Михайлова С.Б., Оревинина А.Э., руководитель Никифоров А.О. Оптимизация технологического процесса в каскаде реакторов идеального смешения.....	37
Монашенко А.Д., руководитель Гладышев Н.Н. Особенности регулирования отпуска тепловой энергии в российских системах теплоснабжения.....	41
Морозов Г.А., руководитель Хлыновский А.М. Разработка систем воздушного отопления.....	44
Мостовой А.Д., руководитель Труханова И.А.	

Возможности повышения эффективности эксплуатации мазутного хозяйства теплоэлектростанции (на примере Астраханской ТЭЦ-2).....	47
Сазанович С.С., руководитель Шишкин А.И. Энерго- и ресурсосбережение с применением информационных систем.....	52
Семёнов Г.Д., руководители Бутко Г.Ю., Синегубов С.С. Парадокс «уравнения Бернулли».....	56
Семёнова Е.В., руководители Морева Ю.Л., Чернобережский Ю.М. Исследование коагуляционного выделения черного щелока в присутствии $Al_2(SO_4)_3$ .....	62
Смирнова Д.Э. Перспективы развития альтернативной энергетики в мире.....	66
Смирнова Д.Э. Развитие биоэнергетики в мире.....	70
Солнцев Н.А., руководитель Левин А.В. Обзор систем очистки газовых выбросов от органических загрязнений.....	72
Слюта М.О., руководитель Бахтин А.В. Модернизация системы показателей качества технологической воды.....	78
Супонин Е.С., руководитель Анисимова Н.А. Взаимодействие 5,7,7,12,14,14-гексаметил-1,4,8,11-тетраазапентадека-4,11- диена с дифенилфосфиноксидом и диэтилфосфитом .....	81
Тимофеева Л.А., руководитель Яковлев В.А. Современные методы очистки дымовых газов ТЭС от диоксида серы.....	82
Точинов А.В., Ким А.А., руководитель Анисимова Н.А. Взаимодействие 19 $\beta$ ,28-эпокси-18 $\alpha$ олеанан-3 $\beta$ -ола с хлорангидридом тетрафторбензойной кислоты и метансульфохлоридом.....	86
Трубникова А.А., Бирюкова А.С., руководитель Бутко Г.Ю., Синегубов С.С. Зависимости между напряжениями и скоростями деформации для ньютоновских жидкостей.....	88
Харламова А.Н., руководитель Демьянцева Е.Ю. Ротабельное центрально-композиционное планирование в моделировании процессов обработки целлюлозных материалов амфифильными соединениями.....	92

Цимбал В.Д. Регулирующие клапаны при присоединении систем теплоснабжения к котельной через гидравлический разделитель.....	95
Цырульникова А.С., руководители Вершилов С.В., Попова Л.М., Калабушкин Д.А. Взаимодействие аллилгицидилового эфира с <i>o</i> -нуклеофилами.....	99
Чирков Р.А., руководитель Левин А.В. Характеристика триплекса стекла как отхода.....	104
Шилин М.В., руководитель Липатов М.С. Энергетические методы функционального диагностирования.....	109

Научное издание

# **Мой вклад в науку - 2018**

**Сборник материалов  
IV студенческой научно-практической конференции  
Часть 2  
(Санкт-Петербург, 25 декабря 2018 г.)**

Редактор и корректор Т.А. Смирнова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2019 г., изд. № 28

Подп. к печати 04.04.19. Формат 60 x 84/16. Бумага тип. № 1.

Печать офсетная. 7,5 п.л.; 7,5 уч.-изд. л. Тираж 75 экз.

Изд. № 28. Цена «С». Заказ

---

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095,  
Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4