

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ**

**МИНИСТЕРСТВО ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ
СРЕДЫ УКРАИНЫ**

**ДОНЕЦКАЯ ОБЛАСТНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
АДМИНИСТРАЦИЯ**

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО НАУЧНЫМ ОСНОВАМ
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ**

ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

КРАКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ОАО «АВДЕЕВСКИЙ КОКСОХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

ГУП «ЭКОТЕХРОМ»

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МЕГАПОЛИСОВ

Труды VI международной
научно-практической конференции

21–24 апреля 2009 года

Москва 2009

УДК 697.94
ББК 60.550.3
Э 40

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МЕГАПОЛИСОВ

Сборник трудов VI международной научно-практической конференции // под ред. Д.А. Баранова, А.А. Минаева, В.М. Клевлеева, В.В. Бирюкова, Д.В. Зубова – М.:МГУИЭ, 2009. – 240 с.; ил.

ISBN 978-5-9513-0199-4

В сборнике представлены труды VI международной научно-практической конференции «Экологические проблемы индустриальных мегаполисов».

В докладах рассматривается широкий круг вопросов, посвящённых экологическим проблемам крупных городов и промышленных объектов, охране воздушного и водного бассейнов, переработке промышленных и бытовых отходов, а также экологически безопасные, энерго- и ресурсосберегающие технологические процессы и оборудование для их осуществления. Рассмотрены также социальные аспекты экологии, правовое и информационное обеспечение для решения задач охраны окружающей среды.

УДК 697.94
ББК 60.550.3

ISBN 978-5-9513-0199-4

© МГУИЭ, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Минаев А.А.</i> Развитие инженерной экологии – важнейшее направление учебной и научной работы в Донецком национальном техническом университете	8
<i>Парфенюк А.С., Веретельник С.П., Тасиц Д.И., Кутняшенко И.В., Власов Г.А., Кауфман С.И., Романенко Е.П., Скрипченко Н.П.</i> Об организационно-финансовых аспектах переработки промышленных и бытовых отходов	12
<i>Заборская А.Ю.</i> Интенсификация процесса биокомпостирования нефтезагрязненных почв.....	15
<i>Жуков В.Г., Никифоров Л.Л., Чечиков И.В.</i> Очистка сточных вод мясоперерабатывающих предприятий от грубодисперсных примесей	16
<i>Мещерякова Н.Н., Кудинова А.В., Поляков А.Н.</i> Анализ современного подхода к проблеме снижения содержания биогенных элементов в сточных водах в процессе их биологической очистки в аэротенках.....	20
<i>Борисенко А.Л., Фидчунов Л.Н., Кирбаба В.В., Тимошенко В.Ф.</i> Термическое обезвреживание в коксовых печах отходов ОАО «Авдеевский КХЗ».....	22
<i>Гуков Д.М., Молчанова И.В.</i> Использование свалочного газа для малой энергетики с последующей рекультивацией полигонов	24
<i>Николайкина Н.Е., Гонопольский А.А.</i> Технология химического разделения компонентов композиционных упаковочных материалов типа «Тетра Пак».....	27
<i>Каталымов А.В., Мортиков Е.С., Суфиянов Р.Ш.</i> Аэроформинг - новый способ получения высокооктановых бензинов	28
<i>Гриднева Е.С., Систер В.Г., Абрамов В.О., Муллакаев М.С.</i> Снижение содержания экологически опасных соединений в нефтепродуктах С помощью ультразвука.....	31
<i>Ковалев Е.Т., Рыщенко А.И., Шульга И.В.</i> Экологическая эффективность применения кокса улучшенного качества	34
<i>Парфенюк А.С., Веретельник С.П., Сова А.Н., Топоров А.А., Власов Г.А., Кауфман С.И., Клешня Г.Г., Скрипченко Н.П.</i> Анализ путей решения проблемы твердых отходов в Украине	38
<i>Шахурин Д.С.</i> Особенности комплексной оценки эколого-экономических критериев на основе процедуры ранжирования применительно к инвестиционно-инновационным проектам и геотехническим системам.....	41
<i>Горбенко О.О.</i> УФ-облучение как наиболее эффективный способ обеззараживания сточных вод.....	45

<i>Власов Г.А., Клешня Г.Г., Чешко Ф.Ф.</i> Переработка смолистых отходов коксохимических предприятий.....	49
<i>Карагодов-Булгаков И.А.</i> ОАО «Авдеевский коксохимический завод» – внедрение экологических программ.....	53
<i>Чихонадских Е.А., Карышев И.В., Стивак Д.А.</i> Применение показателей природоёмкости для учета при выборе способов выхода судостроительной отрасли из экономического кризиса.....	59
<i>Продан В.Д., Фокина М.С., Бородина Н.Е.</i> Исследование условий работы новой конструкции торцово - сальниковых уплотнений	62
<i>Беляевский М.Ю., Трошкин О.А., Беляевский Д.М., Суркова Л.В., Гончаров Д.В., Пирожков В.А.</i> Объяснение явления снижения гидравлического сопротивления массообменной тарелки.....	66
<i>Третьяков П.В., Парфенюк А.С., Алексеева О.Е., Костина Е.Д.</i> Обоснование регламента восстановления огнеупорной кладки тепловых агрегатов	69
<i>Бутузова Л.Ф., Bechtel A., Шакир Ш.М., Бутузов Г.Н., Кипря А.В.</i> Гетероциклические и ароматические углеводороды в экстрактах спекающихся углей	73
<i>Аверин Е.Г., Парфенюк А.С.</i> Развитие методов оценки состояния эколого–экономических систем	76
<i>Кауфман С.И., Кирбаба В.В., Кныш К.Е., Борисенко А.Л., Малыш А.С.</i> Проблемы загрязнения атмосферного воздуха и пути их решения на ОАО «Авдеевский КХЗ».....	80
<i>Мальцевская Н.В.</i> Культивирование фотосинтезирующих микроорганизмов с применением полупроводниковых источников света с заданными спектральными характеристиками	85
<i>Фидчунов А.Л.</i> О динамике образования разных видов оксидов азота в отопительной системе коксовой батареи.....	87
<i>Гребенюк А.Ф., Дедовец И.Г.</i> Улучшение экологической обстановки и интенсификация процессов – основные задачи коксохимии.....	91
<i>Молчанова И.В., Константинова Т.Н.</i> Экологически чистая утилизация отходов в установках.....	95
<i>Горбенко О.О.</i> Экологически чистое производство – будущее российской промышленности	98
<i>Муллагаев М.С., Векслер Г.Б., Кручинина Н.Е., Абрамов В.О.</i> Ультразвуковая интенсификация гальванокоагуляционной очистки воды	101
<i>Гонопольский А.М., Кушнир К.Я.</i> Исследование характеристик тепловых машин для утилизации биогаза полигонов ТБО, с использованием методов теории подобия и размерностей.....	103

<i>Гонопольский А.М., Мурашов В.Е., Кушнир К.Я.</i> Критериальное обобщение характеристик технологического процесса физико-химической очистки фильтрата полигонов ТБО	107
<i>Елисеева О.А., Систер В.Г., Леднев А.К.</i> Закономерности соударения капель с поверхностью жидкости	111
<i>Ямчук А.И., Систер В.Г., Тарасевич М.Р.</i> Топливные элементы и разработка эффективных катализаторов для их оптимизации	114
<i>Нифантова Л.С., Матвиенко В.Г.</i> Растворимость диоксида углерода в органических абсорбентах	118
<i>Малеев В.Б., Журба В.В., Кудрявцев А.А.</i> Условия проваливания подрешетной частицы неправильной формы через отверстие просеивающей поверхности ротора.....	121
<i>Топоров А.А., Акусов В.В., Локтионова А.А.</i> Система расчета опасности оборудования с учетом его износа.....	124
<i>Бутюгин А.В., Узденников Н.Б., Гнеденко М.В., Антонова А.Л., Власов Г.А., Кирбаба В.В.</i> К рекультивации породного отвала углеобогащения «Авдеевского КХЗ»	129
<i>Стручкова О.Ю., Стручкова Т.Ю., Майданюк А.А.</i> Возможности повышения эффективности оборудования для осушки природного газа	137
<i>Коростылёв А.В., Луганцев Л.Д.</i> Расчёт надёжности реакционных труб печи конверсии метана в производстве метанола	141
<i>Алиференкова М.А., Баранов Д.А. Клевлеев В.М., Кузнецова И.А., Ягафарова Р.Ф.</i> Сравнение методов испытаний физико-химических свойств лакокрасочных материалов в России и Европе.....	144
<i>Арцева М.В., Гусарова О.В., Бутков В.В.</i> Применение дисковых массообменных аппаратов с горизонтальным валом для проведения процессов ректификации и абсорбции.....	148
<i>Зайцев Д.Б., Тимонин А.С., Шкарин Н.Ю.</i> Исследование процесса инфракрасной сушки геля полиакриламида	149
<i>Глазов Р.В., Хуснутдинова К.Т.</i> Разработка и исследование акустического гранулятора снижающего пылевые выбросы	152
<i>Alekseeva O.E., Tretyakov P.V., Syrin Y.R.</i> A new approach to the rational choice of thermal units sealing systems resource increasing substantiation	156
<i>Никитин А.В.</i> Нанотоксикология: современное состояние и перспективы.....	158
<i>Сафин В.А., Бутузова Л.Ф., Стефанова М.Д.</i> Исследование жидких продуктов окислительной деструкции разновосстановленных углей	161
<i>Батуринец А.А., Горшина Е.С., Бирюков В.В.</i> Интенсификация процесса ферментации лакказы с применением лигноцеллюлозных индукторов	163

<i>Майский С.Н., Луганцев Л.Д.</i> Компьютерный мониторинг несущей способности аппаратов и трубопроводов высокого давления.....	164
<i>Пушиной А.О., Луганцев Л.Д.</i> Компьютерный мониторинг несущей способности и ресурса стержневых элементов конструкций.....	165
<i>Лантухова И.Е., Луганцев Л.Д.</i> Конечно-элементный анализ элементов конструкций в САЕ-системе ANSYS.....	167
<i>Коростылёв А.В., Сергеев А.Д., Луганцев Л.Д.</i> Расчёт надёжности и ресурса трубчатых элементов высокотемпературных печей.....	168
<i>Марченко Ю.А., Гданский Н.И.</i> Построение нечетких моделей внешней среды.....	169
<i>Саитова Я.А., Гданский Н.И.</i> Точность распознавания расстояний до объектов в системах технического зрения.....	174
<i>Гула Е.А., Сергеева А.В., Бирюков В.В.</i> Мембранные технологии получения биоконсерванта низина.....	178
<i>Гладышев П.А.</i> Снижение энергозатрат в процессах управляемого фотобиосинтеза.....	179
<i>Мордвинова Е.М., Сергеева А.В., Зубов Д.В., Толчёнов А.А.</i> Определение активности эндогликогена, синтезируемых культурами <i>Cellulomonas</i>	180
<i>Кудинова А.В., Мещерякова Н.Н., Поляков А.Н.</i> Модификация аэротенков коридорного типа с целью уменьшения концентрации азота и фосфора в очищенной сточной воде.....	184
<u>Шпильрайн Э.Э.</u> , <i>Вайнштейн С.И., Севастьянов А.П.</i> Возобновляемые источники энергии в России и проблемы подготовки кадров в этой области...	186
<i>Щербакова Н.С., Русинова Т.В., Горишина Е.С., Бирюков В.В.</i> Оптимизация состава питательной среды в производстве микопротеина.....	194
<i>Закирова Л.Р., Стрельцов А.Н., Русинова Т.В., Горишина Е.С., Бирюков В.В.</i> Разработка биокаталитической технологии получения электропроводящего полианилина.....	196
<i>Гонопольский А.М., Дыган М.М.</i> Экспериментальное исследование физико-химических процессов в системе газоочистки мусоросжигательного завода.....	198
<i>Варфоломеева Э.А., Шахурин Д.С.</i> Классификация эколого-экономических критериев инновационно-инвестиционных проектов на основе вторичных материальных ресурсов.....	202
<i>Крутя Н.А., Скичко А.С., Кольцова Э.М., Зубов Д.В.</i> Разработка экспертной системы выбора технологии очистки питьевой воды.....	204
<i>Латышенко К.П., Свирюкова О.В.</i> Методы аналитической химии в экологическом мониторинге.....	212

<i>Самарь О.Б., Гонопольский А.М.</i> Комплексная технология обезвреживания грунтов урбанизированных территорий, загрязненных тяжелыми металлами и нефтепродуктами.....	218
<i>Пирогов Е.Н., Давлетьяров Ш.А.</i> Современные технологии водоподготовки.....	221
<i>Бугаенко А.А.</i> Автоматизация системы коррозионной защиты нефтепроводов	225
<i>Маркелов П.Е.</i> Автоматизация мобильной установки для обезвреживания буровых шламов	228
<i>Волотова Е.В., Миташова Н.И.</i> Очистка фильтрата ТБО с утилизацией образующегося осадка.....	230
<i>Пирогов А.О., Миташова Н.И.</i> Обезвреживание кубовых остатков от машин химической чистки содержащих ПХЭ.....	231
<i>Кищенко Е.И., Миташова Н.И.</i> Очистка сточных вод предприятий химической чистки от тетрахлорэтилена	232
<i>Гуляева Е.С., Михирамов П.И., Беренгартен М.Г.</i> Исследование процесса обессоливания и концентрирования растворов солей при электродиализе	234
<i>Скворцова Е.С., Гольберг Г.Ю.</i> Разработка рациональной технологии сгущения отходов флотации углей (на примере ЦОФ "Печорская").....	235
Авторский указатель	238

**РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ –
ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ УЧЕБНОЙ И НАУЧНОЙ РАБОТЫ
В ДОНЕЦКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

Минаев А.А.

Донецкий национальный технический университет, Украина

Общеизвестно, что экологические проблемы Донбасса являются острейшими. По большинству показателей состояние окружающей среды в регионе более чем на порядок хуже усредненных данных для Украины, которые в свою очередь далеки от благополучных. Однако сейчас ситуация осложняется и экономическим кризисом, который в наибольшей степени также проявляется в нашем индустриальном регионе.

Исходя из ситуации, которая сложилась в реальном секторе экономики, уточнен прогноз основных показателей экономического и социального развития Донецкой области на 2009 год. Прогнозируется по сравнению с 2008 г. снижение общего объема производства продукции в сопоставимых ценах на 30%, реализации продукции в действующих ценах – на 26 млрд. грн.

В Донецком национальном техническом университете прекрасно осознают необходимость в поисках и реализации решений проблем экологического и экономического кризиса в Донбассе, и в меру своих возможностей при сложившейся в государстве ситуации ведут разработки и исследования в сфере экологии и ресурсосбережения, и обеспечивают экологическую направленность в подготовке инженерных кадров и научных исследованиях.

Наш Донецкий регион – общепризнанная зона экологического бедствия. Здесь, на 4% территории Украины при 10% населения, сконцентрировано более трети всего промышленного потенциала и загрязнение атмосферы и водных ресурсов достигло критических значений.

Сейчас в Донецкой области ежегодно накапливается на свалках около 6 млн. куб. метров (только в Донецке почти 1,5 млн.) бытового мусора. К накопленным четырем миллиардам тонн твёрдых промбытотходов ежегодно добавляются десятки миллионов тонн, содержащих большое количество техногенных сырьевых ресурсов и вредных веществ – результат деятельности предприятий горно-рудного комплекса, металлургии, энергетики, коксохимии, промышленности строительных материалов, химической промышленности и т.д.

Вот ещё несколько характерных для Донецкой области данных:

1. Скопление твердых отходов на 1км² составляет 170 тыс. т, что почти в четыре раза больше, чем в среднем по Украине.
2. На одного человека в области накоплено более 800 т твёрдых промбытотходов.

3. Концентрация на единицу территории токсичных твердых отходов превышает среднее значение по Украине в 12 раз.

Выполняемые в ДонНТУ разработки и исследования, направленные на решение экологических проблем нашего индустриального мегаполиса, каким является Донецкий регион, лишь очень небольшая составляющая необходимого комплекса работ в этом направлении. Экологические проблемы нарастают как снежный ком, поэтому важно в сложившейся экологической ситуации осознание государственными управленческими структурами, финансовыми организациями и научной общественностью необходимости объединить и приумножить свои усилия в решении актуальнейших задач охраны окружающей среды и экологической безопасности.

Свыше миллиарда тонн промышленных отходов Донецкой области – это породные отвалы и терриконы угольных шахт и обогатительных фабрик - высокозольные шламы углеобогащения, золошлаки теплоэлектростанций, глинистые вскрышные породы, отходы шамотного производства. Некоторые из отвалов и терриконов самовозгораются и являются одним из источников глубочайших проблем. Такие отвалы относят к малоликвидным или неликвидным отходам, однако, это источник сырья для алюминиевой промышленности и реальная перспектива получения из них «вторичного» металлургического глинозёма. Кроме того, в них обязательно присутствуют редкоземельные элементы в количествах, перспективных для их коммерческого извлечения.

На основе многолетних научных исследований на физико-металлургическом факультете сформировалась научная школа повышения экологической безопасности металлургического производства, которая является ведущей в регионе Донбасса.

Из-за недостаточной степени утилизации текущих железосодержащих отходов на метпредприятиях Украины накоплено более 70 млн. т. шламов, из которых только 25 млн. т пригодны для утилизации в металлургии, а остальные разубожены отходами коксохимических и других производств. Металлургические шламы заскладированы в переполненных шламонакопителях. Свободных емкостей вблизи предприятий нет, а организация складирования вдали приведет к значительным материальным затратам и ухудшению состояния окружающей среды. В связи с этим для условий металлургических предприятий Украины ДонНТУ разработана технология забора, подготовки и окускования заскладированных шламов (агломерация, брикетирование, получение безобжиговых и металлизированных окатышей). Из железосодержащих отходов текущего производства предусматривается получение брикетов для доменного производства. Разработана технология производства агломерата с повышенным удельным расходом отходов. Некоторые аглофабрики в основном будут работать на оборотных

продуктах. И это лишь небольшая часть работ физико-металлургического факультета по природоохранной и ресурсосберегающей тематике.

На кафедре «Природоохранная деятельность» факультета геотехнологий и управления производством научные исследования направлены на решение задач очистки и использования шахтных вод, выбора и обоснования технологических решений по использованию вторичных ресурсов в качестве сырья для народного хозяйства, управлению природоохранной деятельностью на предприятиях и анализ экологических особенностей физических процессов горного производства.

На кафедре «Компьютерно-экологический мониторинг» выполнена разработка и внедрение государственной системы экологического мониторинга окружающей среды Донецка. Результатом работы является экспериментальный образец нового изделия в области экологического мониторинга атмосферного воздуха – комплекс АКИАМ, обеспечивающий непрерывный сбор данных, анализ информации о состоянии атмосферы и информационно-аналитическую поддержку принятия решений в области охраны окружающей среды и экологической безопасности.

На всех кафедрах факультета экологии и химической технологии (ФЭХТ) проводятся исследования и разработки по многим актуальным экологическим проблемам региона, ведется постоянная совместная работа с государственными учреждениями, общественными организациями и промышленными предприятиями.

Проведение этой конференции и инициативы по международному сотрудничеству в плане объединения усилий в решении сложнейших экологических проблем мегаполисов во многом обеспечены сотрудниками этого факультета. Тематика работ такого плана на ФЭХТ очень разнообразна.

На фоне ухудшенного качества природной среды в урбоэкосистемах своими позитивными функциями выделяются зеленые насаждения, поскольку Донецкая область является самым урбанизированным регионом Украины (50 городов, 134 посёлка городского типа, 90% городского населения) и качество жизни в городах прямо зависит от экологических факторов, которые обусловлены техногенными причинами. В этой связи в урбоэкосистеме выделяются древесные культурценозы, выполняющие многие позитивные функции: продукционную, защитно-мелиоративную, saniрующую, декоративную, познавательную и другие.

Кафедрой «Машины и аппараты химических производств» разработана новая технология крупномасштабной комплексной переработки ТБО в смеси с промышленными углеродистыми отходами. В результате образуется горючий газ, аналогичный коксовому и твердое термолизное топливо, аналогичное низкосортному коксу. Более подробный анализ этой технологии будет предметом отдельного рассмотрения на конференции. Замечу важное – этот процесс термолизно-энергетической рекуперации отходов (метод ТЭРО) позволяет решить проблему твердых углеродистых промбытотходов комплексно на основе

имеющихся в Донбассе промышленных мощностей, коксохимических заводов. Такое решение проблемы отходов будет наиболее эффективным особенно сегодня благодаря привлечению коксохимической промышленности, а именно заводской инфраструктуры, территорий и кадров. Донбасс располагает в этом отношении прекрасными возможностями, поскольку здесь имеется более 10 коксохимических заводов.

Особо хочу отметить экологическую направленность работы еще одной кафедры ФЭХТ "Прикладная экология и охрана окружающей среды". Впервые о роли экологического образования в современном мире решительно заявила Стокгольмская конференция по окружающей среде (1972 г.), а уже в 1973 году на кафедре благодаря активной работе тогда заведующего кафедрой В.С. Масляева и поддержке руководителей предприятий химической промышленности и научных учреждений Донбасса была открыта новая специальность «Технология рекуперации вторичных материалов промышленности». Началась подготовка остро необходимых для Донецкой области инженеров-химиков-экологов. Кафедра стала одной из ведущих на Украине в области высшего экологического образования и успешно проводит по поручению Министерства образования и науки Украины Всеукраинский конкурс научных работ студентов по отрасли науки «Экология и охрана окружающей среды».

Ряд работ нашего университета направлен на решение топливно-энергетических и экологических проблем. На это направлено также развитие водородных технологий – очень перспективное направление.

Хочу отметить еще одно направление нашей работы. В настоящее время системы наблюдения Земли из космоса и геоинформационные технологии все шире используются в повседневной практике не только для научно-исследовательских работ, но и в целях управления территориями и предприятиями. В целях оперативного мониторинга объектов и комплексного управления природными ресурсами Донбасса создается региональная программа аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов.

В заключение хочу сказать о важности экологических элементов стимулирования, в том числе мер по повышению энергоэф-фективности, использованию возобновляемых источников энергии, общественного транспорта, новых рациональных электросетей и возобновлению лесонасаждений, и координации усилий для достижения быстрых результатов. Для этой цели в Украине создана Академия экологических наук.

Позвольте еще раз подчеркнуть, что будущее только за экономически эффективными и экологически чистыми и ресурсосберегающими технологиями и оборудованием! В этой связи очень важно обеспечить высокий уровень экологических знаний молодых инженерных кадров, способных решать множество актуальных

экологических и экономических проблем, перенимать передовой опыт развитых стран и, конечно, использовать все имеющиеся у нас сегодня новые научно-технические разработки и возможности. А это возможно только в том случае если мы в своей работе в основу положим экологическую направленность развития общества, а значит образования, науки, производства!

УДК:61.51.15

ОБ ОРГАНИЗАЦИОННО-ФИНАНСОВЫХ АСПЕКТАХ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

*Парфенюк А.С.¹, Веретельник С.П.¹, Тасиц Д.И.¹, Кутняшенко И.В.¹,
Власов Г.А.², Кауфман С.И.², Романенко Е.П.², Скрипченко Н.П.²*

¹Донецкий национальный технический университет,

²ОАО «Авдеевский коксохимический завод», Украина

Рассмотрены актуальные вопросы создания в Украине условий для использования энерго-химического потенциала твердых углеродистых бытовых и промышленных отходов.

Мировой экономический кризис, сопровождающийся ухудшением ситуации на рынке сырья, энергии, продуктов питания и критическим загрязнением окружающей среды, обострил необходимость эффективного решения проблемы твердых отходов. Это особенно актуально в индустриальных мегаполисах, где образуется огромное количество отходов различных видов. Эти отходы необходимо не только своевременно вывозить за пределы жилой зоны на полигоны, но и тщательно сортировать, а, главное, перерабатывать с наибольшей пользой при минимальном ущербе природе.

Твердые бытовые (ТБО) и промышленные отходы (ТПО), как правило, представляют собой сложные смеси, поэтому обеспечить их промышленную переработку сложно и дорого. Простое сжигание отходов позволяет частично решить проблему их количества, но существенно ухудшает экологическую обстановку и приводит к потерям сырьевого и энергетического ресурса.

Даже наиболее современные методы сжигания отходов вызывают вполне обоснованную критику и малопригодны в условиях Украины по следующим причинам:

- производственные мощности даже самых крупных мусоросжигательных европейских заводов несопоставимо малы для объемов отходов Украины;

- необходимость приобретения дорогостоящего импортного оборудования и применения дорогостоящих систем очистки дымовых газов;

- необходимость подготовки эксплуатационного персонала, что требует дополнительных финансовых затрат и времени;

- неизбежны дальнейшие затраты, связанные с привлечением зарубежных специалистов, закупкой запчастей, наладкой, ремонтами и т.п. для поддержания импортной техники.

Особо следует отметить, что мусоросжигательные заводы (МСЗ) — главный источник выбросов в воздух диоксинов — опаснейших органических загрязнителей. Борьба против диоксиновой опасности привела к принятию новых, очень суровых норм, вследствие чего большинство европейских заводов сейчас ожидает закрытие или реконструкция.

Поэтому возникает необходимость в кардинально новых технологических решениях вопроса.

Для переработки отходов важно как организованы их сбор и складирование, при этом следует применять экологически безопасные технологии, экономически выгодные и желательно на предприятиях, генерирующих отходы.

Среди таких методов можно выделить переработку ТБО в компост и термолизную переработку смесей промбытотходов методом ТЭРО, разработанную в Донецком национальном техническом университете.

В силу сложившейся в Донбассе индустриальной инфраструктуры и концентрации коксохимической промышленности, можно успешно решить проблему твердых углеродистых промбытотходов, не привлекая дорогостоящие западные технологии и даже иностранные инвестиции. Это достижимо в результате промышленной реализации метода ТЭРО. Этот метод имеет неоспоримые преимущества по сравнению с другими известными технологиями, особенно, если учесть огромный в масштабах государства постоянно возрастающий ущерб, который имеет место из-за ухудшения экологической ситуации. Потери площадей и качества плодородных почв, водных ресурсов, ухудшения здоровья населения – все это должно расцениваться как финансовые потери государства.

Кратко о сути метода ТЭРО. Метод включает следующие стадии:

- классификация исходной смеси отходов, дробление и сортировка; компаундирование отходов, т.е. создание однородной смеси из множества компонентов с добавлением связующих с заданными свойствами.

- бароформинг полученных компаунд-смесей путем их обработки давлением при определенной температуре для получения необходимых свойств сырьевых блоков или брикетов;

- загрузка брикетов в наклонные термолизные печи;

- термолиз компаунд-смеси при температурах 750-1000 °С с получением твердого термолизного топлива (ТТТ) и полезных летучих продуктов (бензола, смолы, серы);

- конденсация, улавливание и дальнейшая переработка летучих продуктов;

- сжигание ТТТ с утилизацией тепла дымовых газов и получением электроэнергии на паротурбинных установках;

- золошлаковая масса, образовавшаяся после сжигания ТТТ, используется при производстве дорожно-строительных материалов.

Основными преимуществами метода ТЭРО являются:

- возможность крупномасштабной переработки отходов с получением полезной химической продукции на существующих коксохимических заводах;

- гибкость управления параметрами переработки в соответствии с исходными свойствами сырья и конечной целью получения полезного эффекта;

- использование известных технических решений, позволяющих повысить КПД процесса и снизить капитальные затраты на его организацию;

- существенное уменьшение выбросов в атмосферу;

- отказ от импорта дорогостоящего оборудования, привлечение государственных ресурсов на разработку и создание необходимого оборудования;

- экономический и экологический результат будет получен даже при частичном использовании имеющихся мощностей коксохимических предприятий.

На государственном уровне Украина вполне может самостоятельно решить проблему переработки отходов, а при необходимости и привлечь иностранных и отечественных инвесторов. Для этого необходимо корректно и всесторонне оценивать сложившуюся ситуацию и правильно направить ресурсы на решение проблемы.

Наблюдающийся сейчас в некоторых регионах Украины факт передачи частным предприятиям свалок и сферы переработки ТБО не является перспективным в решении проблемы. Для достижения должного прогресса ведущая роль должна принадлежать государству. Оно должно не только финансировать, но и осуществлять организацию, контроль и регулирование широкого спектра вопросов по данной проблеме и содействовать международному сотрудничеству.

Назрело создание в Украине отходоперерабатывающей отрасли, как это имеет место в Германии, но при этом необходимо учитывать мотивацию групп инвесторов – государственных, негосударственных и зарубежных.

Так мотивация для государственных структур (министерства, банки, экологические службы) – реальная экономическая выгода; предотвращение ухудшения ситуации с отходами; частичное решение социальных проблем; привлечение вторичных энергетических и сырьевых ресурсов и т.д.

Мотивация негосударственных структур(частных отечественные и зарубежные инвесторы, финансовые группы, инвестиционные компании и фонды) – это ориентация на получение дохода, политический имидж,

личностные морально-этические принципы, решение проблем сырья и энергии, проникновение в регион с другими целями, реализация собственных проектов, разработок и т.п.

При всей условности возможных мотиваций инвестирование разработок и освоения индустриальных проектов по переработке промбытотходов представляется объективно весьма привлекательным. Но для инвесторов главное – насколько вероятно и значительно будет получение экономической выгоды.

Правительство должно активно участвовать в глобальном управлении экологической ситуацией, нести ответственность за принятые решения и осуществлять защиту интересов разработчиков.

Таким образом, в решении столь крупной и сложной проблемы, какой является переработка твердых промбытотходов в Украине, определяющую роль безусловно имеют госструктуры и госфинансирование, хотя и частные отечественные и зарубежные инвесторы при учете их интересов могут оказать весомую поддержку. Поэтому на данном этапе особенно актуальна разработка подробных бизнес-планов и ТЭО новых технологий, адаптированных к конкретным условиям Украины и в соответствии с международными требованиями.

УДК 579.26(075.8)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА БИОКОМПОСТИРОВАНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Заборская А.Ю.

Московский государственный университет инженерной экологии

Проблема очистки загрязненных почв от нефтепродуктов определена в настоящее время как одна из важнейших среди экологических задач. Нефть и нефтепродукты, попадая в почву, длительное время сохраняются в ней, изменяя ее физико-химические и биологические свойства. Восстановление плодородия почвы после воздействия нефтепродуктов в естественных условиях длится десятки лет. Изучение и разработка экологически безвредных приемов ускорения деградации нефтепродуктов в почве и грунтах является важной задачей в решении проблемы рекультивации техногенно нарушенных земель. Наиболее перспективным является биологический путь восстановления загрязненных почв.

Целью работы являлось ускорение очистки нефтезагрязненной почвы.

В ходе работы были подобраны ассоциации дрожжевых и бактериальных культур микроорганизмов для очистки нефтезагрязненной почвы, выявлено влияние некоторых адсорбентов на интенсификацию процесса биодegradации нефтезагрязнений, была подобрана оптимальная влажность и оптимальная концентрация углеводов в почве.

Обнаружено, что в нефтезагрязненной почве, взятой для исследования, активно работает автохтонная микрофлора. Подобранный ассоциация ускоряла процесс биodeградации в начале опыта и сокращала время очистки. Из взятых адсорбентов лучшие результаты были в опыте с добавлением опилок, как с внесением микроорганизмов, так и в контрольном варианте, вероятно, за счет улучшения структурированности почвы и соответственно условий аэрации.

Для интенсификации биodeградации нефтепродуктов в почвенных образцах был разработан лабораторный биореактор с механическим перемешиванием.

УДК 628.3

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ ГРУБОДИСПЕРСНЫХ ПРИМЕСЕЙ

Жуков В.Г., Никифоров Л.Л., Чечиков И.В.

МГУ прикладной биотехнологии

В статье представлена установка для механической очистки сточных вод мясоперерабатывающих предприятий от грубодисперсных примесей, обладающая высокой эффективностью очистки, зависящей от используемого сетчатого фильтроэлемента. Установка может быть использована вместо широко используемых отстойников в локальных очистных сооружениях.

В настоящее время во всем мире остро стоит вопрос охраны окружающей природной среды, в частности, водных объектов. Это продиктовано постоянным сокращением водных ресурсов, а также увеличением объёма производственных сточных вод.

Для сохранения водного бассейна необходимо как рационально использовать водные ресурсы, так и очищать сточные воды до уровня требований к их сбросу в водные источники.

Количество загрязнений промышленного происхождения, поступающих в городскую канализацию, лимитируется правилами, в соответствии с которыми промышленные стоки должны быть доведены до нормативных показателей на локальных сооружениях предприятия.

Мясоперерабатывающим предприятиям для производства своей продукции необходимо значительное количество воды питьевого качества, которая, загрязняясь отходами и потерями, связанными с несовершенством методов переработки и производства, поступает в канализационную систему предприятия.

На первичном этапе очистки сточных вод стоит важная задача – отделение грубодисперсных примесей. Основным оборудованием, нашедшим применение для этой цели, являются решетки, отстойники и флотаторы.

Эффективность отстойников по грубодисперсным примесям составляет 40-60 %, что явно недостаточно. Высокой степени очистки удастся достигнуть при использовании, например, напорной флотации – 92-96 %, машин пенной сепарации – 97 %, электрокоагуляции – 95 %, электрофлотокоагуляции – 95 %, но эти методы применяются после того, как сточная вода подвергается механической очистке на решетке и отстойнике в течение 30-45 минут [1].

Применение отстойников на очистных сооружениях мясоперерабатывающих предприятий малоэффективно по ряду причин. Так, поступающая в отстойник сточная вода имеет достаточно высокую температуру и большие концентрации органических загрязнений, что приводит к бурному росту числа микроорганизмов. Большая продолжительность процесса отстаивания вызывает экстракцию из взвешенных частиц белковых соединений, что приводит к вторичному загрязнению сточных вод и сопровождается выделением неприятно пахнущих веществ. При этом степень очистки от взвешенных веществ в громоздких устройствах достаточно низкая.

Таким образом, при очистке сточных вод мясоперерабатывающих предприятий на локальных сооружениях стоит цель быстрого и эффективного удаления загрязнений и создания малогабаритных очистных установок. При этом стоимость очистного оборудования должна быть низкой.

В настоящее время в мясоперерабатывающей промышленности не нашло широкого применения использование для очистки сточных вод от грубодисперсных примесей фильтрационных сеток. Их использование позволяет добиться высокой степени очистки при высокой производительности, что в свою очередь позволит снизить размеры очистного оборудования и, как следствие, позволит упростить и удешевить изготовление и эксплуатацию фильтров.

В МГУПБ разработана установка для очистки сточных вод мясоперерабатывающих предприятий [2]. Она имеет малые габаритные размеры и может устанавливаться в непосредственной близости от места образования стоков. Основные узлы установки унифицированы и могут использоваться в зависимости от состава сточных вод по цехам и участкам производства. Применение установки возможно на предприятиях любой мощности. При больших объемах стоков она может дублироваться необходимое число раз.

Основными рабочими органами этой установки являются фильтроэлементы, изготовленные из фильтрационных сеток по ГОСТ 3826-82 и ГОСТ 6613-76. Эти фильтроэлементы применяются для улавливания грубодисперсных примесей, размер частиц которых составляет более 0,5 мм [3]. Для увеличения эффективности очистки фильтрационные сетки располагаются так, что размер пор каждой следующей по ходу движения фильтрата сетки выбран меньшим, чем у предыдущей.

Исследования проводились на основе анализа опубликованных работ [4, 5]. Была разработана методика, позволяющая определять искомые параметры процесса фильтрации. В качестве примера ниже представлены полученные экспериментальные данные. Для исследования использовались фильтроэлементы, изготовленные из сеток № 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 2,8 по ГОСТ 3826-82.

Исследовали зависимость толщины слоя осадка, образующегося на поверхности фильтроэлемента от продолжительности процесса фильтрации. Установлено, что толщина слоя осадка увеличивается неравномерно и может быть описана следующей формулой:

$$h = a \cdot \tau^b,$$

где h – толщина слоя осадка, мм;

τ – продолжительность процесса фильтрации, с;

a и b – коэффициенты, полученные экспериментальным путём, зависящие от типоразмеров фильтрационных сеток.

n/n	Сетка № 0,63	Сетка № 1,0	Сетка № 1,6	Сетка № 2,5	Сетка № 2,8
a	3,321	3,211	3,044	1,473	1,379
b	0,197	0,197	0,209	0,263	0,261

Отмечено, что начало эксперимента сопровождается интенсивным снижением объемной производительности, а в конечной стадии наблюдается ее более плавное снижение. С течением времени проницаемость осадка по его толщине меняется: она постепенно снижается в осадке, расположенном ближе к сетке, в непропорциональной зависимости увеличивая общее сопротивление осадка. Такой перенос частиц также подтверждается фиксируемым улучшением очистки с ростом толщины осадка. Такой механизм соответствует полученным результатам эксперимента.

Зависимость общей объемной производительности от продолжительности процесса фильтрации также принята в виде:

$$Q = c \cdot \tau^d,$$

где Q – общая объёмная производительности, м³/ч;

τ – продолжительности процесса фильтрации, с;

c и d – коэффициенты, полученные экспериментальным путём, зависят от типоразмеров фильтрационных сеток.

n/n	Сетка № 0,63	Сетка № 1,0	Сетка № 1,6	Сетка № 2,5	Сетка № 2,8
c	0,178	0,206	0,229	0,417	0,47
d	-0,16	-0,16	-0,18	-0,211	-0,212

Изменение эффективности фильтрации от продолжительности процесса фильтрования имеет следующий вид:

$$\eta = p * \tau^l,$$

где τ – продолжительности процесса фильтрования, с;
 p и l – коэффициенты, полученные экспериментальным путём,
 зависят от типоразмеров фильтрационных сеток.

n/n	Сетка № 0,63	Сетка № 1,0	Сетка № 1,6	Сетка № 2,5	Сетка № 2,8
p	54,98	48,91	45,73	23,48	19,71
l	0,09918	0,10006	0,10162	0,11439	0,11619

ВЫВОДЫ:

1. В зависимости от типоразмера фильтрационной сетки по ГОСТ 3826-82 эффективность очистки сточных вод от грубодисперсных примесей варьирует от 50 до 90 % при высокой производительности.

2. Чем больше толщина слоя осадка и продолжительность процесса фильтрования, тем выше эффективность очистки.

3. С увеличением толщины слоя осадка общая объёмная производительность и скорость фильтрования снижаются, что объясняется полной или частичной закупоркой пор. Толщина слоя осадка не должна принимать значения, при котором производительность установки снижается до недопустимо малой по регламенту работы.

1. Шифрин С.М., Иванов Г.В., Мишуков Б.Г., Феофанов Ю.А. Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности. М.: «Лёгкая и пищевая промышленность», - 1981.

2. Никифоров Л.Л., Чечиков И.В. Устройство для очистки жидкости. Патент РФ № 2330707. 2007.

3. Колесников В.А., Меньшутина Н.В. «Анализ, проектирование технологий и оборудования для очистки сточных вод». М.: ДеЛи принт; - 2005.

4. Жуков В.Г., Белоусов А.Н. Центрифугальная роторная техника// Машины и оборудование пищевой и перерабатывающей пром-ти. Т.1У-17.Машиностроение. Энциклопедия. -М.: Машиностроение, 2003. -С.373-398

5. Жужиков В.А. Фильтрование: Теория и практика разделения суспензий. М.: Химия; - 1980.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО ПОДХОДА К ПРОБЛЕМЕ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ В ПРОЦЕССЕ ИХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ В АЭРОТЕНКАХ

Мещерякова Н.Н., Кудинова А.В., Поляков А.Н.

Московский государственный университет инженерной экологии

На основе анализа литературных данных о механизме процессов нитрификации, денитрификации и дефосфатации отмечена возможность существенного снижения содержания азота и фосфора в очищенной воде при создании в аэротенке, помимо зон аэрации, анаэробных и аноксидных зон, расположенных в определенной последовательности и связанных рециркуляционными потоками.

Биологическая очистка сточных вод в типовых аэротенках, даже в режиме продленной аэрации, часто не приводит к снижению содержания в очищенной воде биогенных элементов – азота и фосфора до уровней, соответствующих нормативным для вод, сбрасываемых в природные водоемы. Поступление сточных вод с высоким содержанием азота и фосфора в природный водоем может приводить к эвтрофикации водоема и практически полному его исключению из всех видов водопользования. Попытки снижения содержания азота и фосфора с помощью микроорганизмов активного ила в аэротенке потребовали детального рассмотрения механизма биологического удаления биогенных элементов.

Как известно, процесс удаления азота из сточной воды связан с последовательным проведением процесса аэробного процесса нитрификации и анаэробного процесса денитрификации, заканчивающегося образованием газообразного азота и его выходом в атмосферу. Процесс нитрификации, т.е. окисления аммонийного азота до нитритов и нитратов в воде аэротенка с помощью бактерий-нитрификаторов, требует искусственной аэрации, низкого содержания органики в очищаемой воде и большого возраста активного ила. Процесс денитрификации, т.е. восстановления окислов азота до молекулярного азота под действием бактерий-денитрификаторов, как известно, не требует аэрации, т.к. микроорганизмы используют кислород окислов азота, однако необходимы перемешивание ила с водой для создания аноксидного режима и подача углеродного питания (желательно легко окисляемой органики). Исследователи отмечают, что для успешного прохождения денитрификации требуется, чтобы отношение $BPK_{полн}$ к общему азоту составляло 3 к 1.

Процесс удаления фосфора в аэротенке основан на его выведении с избыточным активным илом, при создании благоприятных условий для развития в активном иле гетеротрофных бактерий, склонных к повышенному накоплению фосфора в биомассе (почти в 4–5 раз больше

обычного). Для развития таких микроорганизмов и накопления в них фосфора, как известно, требуется последовательное проведение двух стадий: в анаэробной зоне (зоне без аэрации и со специально организованной подачей в нее легко окисляемых органических веществ, предпочтительно летучих жирных кислот) и следующей за ней аэробной (либо аноксидной) зоне. В анаэробной зоне фосфор аккумулирующие бактерии потребляют летучие жирные кислоты, запасая углерод, чтобы в аэробной (или аноксидной) зоне использовать его для роста клеток, сопровождающегося изъятием фосфора из воды и накопления его в биомассе бактерий. При этом требуется создание рециркуляционного потока для возврата части активного ила, обогащенного фосфором, в первую (анаэробную) зону.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о возможности осуществления совместных процессов очистки сточных вод и биологического удаления биогенных элементов путем нитрификации-денитрификации и дефосфатации, это требует создания в аэротенке последовательно расположенных в определенном порядке анаэробных, аноксидных и аэробных зон с организованными рециркуляционными потоками ила и специальной подачей в анаэробную зону потока сточной воды, содержащей легко окисляемую органику, (уксусную и другие летучие жирные кислоты).

Однако, имеющиеся сложности, связанные с устранением влияния потоков из аэробных зон на анаэробные зоны в одном рабочем объеме модифицированного аэротенка, и необходимостью одновременного обеспечения большого возраста активного ила для прохождения нитрификации и малого возраста для удаления фосфора, а также других особенностей осуществляемых процессов, привело к появлению в литературе большого числа вариантов и схем расположения зон, различных конфигураций аэротенков, что указывает на отсутствие в настоящее время общепринятых окончательных технических решений (несмотря на рекомендации в качестве наиболее перспективных схем пятиступенчатого Bardenpho и MUCT) и свидетельствует о необходимости продолжения работ в направлении поиска и реализации наиболее эффективных решений.

В работе использованы данные публикаций В.И.Баженова, Н.С.Жмур, В.А.Загорского и др.

ТЕРМИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ В КОКСОВЫХ ПЕЧАХ ОТХОДОВ ОАО «АВДЕЕВСКИЙ КХЗ»

¹Борисенко А.Л., ¹Фидчунов Л.Н.,
²Кирбаба В.В., ²Тимошенко В.Ф.

¹Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН), ²ОАО «Авдеевский коксохимический завод»

Разработан процесс, позволяющий термообезвредить горючие органосодержащие отходы путем подачи их в коксовые печи. Дана его экологическая оценка.

В условиях ОАО «Авдеевский коксохимический завод» проведены исследования по расширению ассортимента органо-содержащих отходов, которые возможно термообезвреживать в коксовых печах вместо того, чтобы передавать их сторонним организациям для переработки или удаления. Это отходы производственного потребления и от выполнения работ: промасленная ветошь, изношенная спецодежда, отработанные бумажные элементы из масляных фильтров автотранспортных средств, отработанная электроизоляция, отходы механообработки древесины, угольная шихта и древесные опилки от ликвидации проливов нефте- или коксохимических продуктов. За последние годы максимальное количество таких отходов на предприятии составило 70 т/год.

Полученные результаты позволили разработать процесс и схему экологически безопасной утилизации указанных отходов пиролитическим методом с использованием камер коксования. При этом были определены параметры технологического режима, способы подготовки и подачи отходов на загрузку угольной шихты в коксовых печах, требования к условиям сбора, хранения, транспортирования отходов, так как отходы поступают в коксовые печи не постоянно, а по мере их накопления в цехах.

Для определения влияния термических условий на глубину обезвреживания отходов, времени, достаточного для утилизации, выхода твердого остатка осуществляли методом малых навесок. Для этого отходы помещали в перфорированные металлические контейнеры – «спутники», которые забрасывали в низ и верх камеры коксования через люк коксовой стороны (коксовая батарея №1). После выдачи кокса из этих камер термообработанные отходы были осмотрены, высушены и взвешены.

Твердые остатки всех отходов (за исключением угольной шихты, загрязненной нефте- или коксохимическими продуктами) оказались очень хрупкими, при механическом воздействии превращались в пыль, аналогичную коксовой.

Исследовано несколько вариантов термической обработки для оценки влияния плотности набивки отходов, температурных условий и продолжительности процесса на глубину утилизации.

В результате установлено, что выход сухого твердого остатка зависит от вида отхода и продолжительности его термообработки до выдачи печи и составил 15-32% от массы отхода. В пересчете на недельную выработку кокса коксовой батареей №1 замусоренность кокса за счет утилизации отходов составит не более 0,0002%.

Твердый остаток от утилизации отходов попадает в товарную коксовую мелочь, которая после выдачи из печи валового кокса проходит вместе с ним все технологические стадии обработки (в т.ч. мокрое тушение, пылеподавление, пылеулавливание).

Газообразные продукты пиролиза органических отходов переходят в коксовый газ, в составе которого проходят полный цикл очистки, переработки и использования.

На основании вышеизложенного разработано две схемы обезвреживания отходов:

1. Совместно с каменноугольными фусами. Этим способом целесообразно утилизировать угольную шихту и древесные опилки от ликвидации проливов нефте- или коксохимических продуктов, которые необходимо загрузить в кузов автосамосвала, предназначенного для внутризаводского транспортирования фусов каменноугольных, и подать в УЩЦ-1 на установку подачи фусов в шихту.

2. Обезвреживание пакетированных отходов путем подачи их в коксовые печи. Этот способ применим для отходов, представляющих собой разрозненные, достаточно мелкие предметы, требующие связывание в тюки или пакеты: промасленной ветоши, изношенной спецодежды, отработанных бумажных элементов из масляных фильтров, электроизоляции, отходов механообработки древесины. Для упаковки используются полимерные, комбинированные или тканевые мешки, пакеты либо ткань из спецодежды. Масса 1 пакета составляла от 3 до 8 кг в зависимости от плотности упаковки того или иного отхода.

Технологическая схема термообезвреживания пакетированных отходов заключается в следующем.

Каждый отход в отдельности накапливают в местах его образования в специальных закрытых металлических контейнерах. По мере накопления отходы пакетируют – увязывают в тюки цилиндрической формы диаметром примерно 250 мм и высотой примерно 400 мм.

Полученные пакеты перевозят автотранспортом в контейнерах в коксовый цех №1 и размещают на площадке в торце коксовой батареи № 1, снабженное укрытием (навесом) от атмосферных осадков. Укрытие должно вмещать около 100 пакетов.

Подачу (вбрасывание) пакетов в камеру производят вручную через средний люк после выпуска шихты из крайних бункеров углезагрузочного вагона непосредственно перед выпуском шихты из среднего бункера. Данная операция производится люковым в светлое время суток в присутствии старшего мастера или мастера коксового цеха. Доставку пакетов на концевую площадку батареи №1 осуществляют краном в

специальных металлических корзинах непосредственно перед загрузкой отходов в коксовые печи.

Отходы в камеры коксования можно подавать дифференцированно, то есть каждый вид отхода отдельно, либо загружать несколько видов таким образом, чтобы суммарное количество не превышало 5-10 пакетов на 1 печь.

Для подачи отходов лучше использовать печи, расположенные ближе к краю батареи.

Производительность по термообезвреживанию органических отходов составляет не более 220 кг на 1 печь.

Результаты проведенных опытно-промышленных исследований внедряются на ОАО «АКХЗ».

УДК 504.064.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВАЛОЧНОГО ГАЗА ДЛЯ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ РЕКУЛЬТИВАЦИЕЙ ПОЛИГОНОВ

Гуков Д.М., Молчанова И.В.

«МАТИ» - Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского

В работе проводится анализ использования биогаза на полигонах, описывается устройство систем дегазации. Приводится характеристика полигона «Торбеево» как источника получения биогаза, приведены результаты экспериментальных исследований.

Бытовые отходы, образующиеся в значительных количествах, как правило, не находящие применения и загрязняющие окружающую среду, являются возобновляемыми вторичными энергетическими ресурсами. В настоящее время интенсивно развиваются два основных направления энергетической утилизации твердых бытовых отходов - сжигание и захоронение с получением биогаза. Сжигание отходов требует дорогостоящих систем очистки, поэтому более широко распространено во всем мире полигонное захоронение твердых бытовых отходов. Основное достоинство технологии захоронения - простота, сравнительно малые капитальные и эксплуатационные затраты, и относительная безопасность. При разложении бытовых отходов выделяется биогаз, содержащий до 60% метана, что позволяет его использовать в качестве местного топлива. В среднем при разложении одной тонны твердых бытовых отходов может образовываться 100-200 м³ биогаза. В зависимости от содержания метана низшая теплота сгорания свалочного биогаза составляет 18-24 МДж/м³ (примерно половину теплотворной способности природного газа).

Ежегодная эмиссия метана со свалок земного шара сопоставима с мощностью таких общеизвестных источников метана, как болота, угольные шахты и т.д. Сегодня остро стоит проблема стабилизации концентрации в атмосфере этого газа, одного из основных планетарных источников парникового эффекта. Поэтому утилизация биогаза бытовых отходов приобретает важнейшее значение для снижения антропогенной эмиссии метана. Кроме того, метан является причиной самовозгорания свалочных отложений, так как при его взаимодействии с воздухом создаются горючие и взрывоопасные смеси, что приводит к сильному загрязнению атмосферы токсичными веществами.

Так как процесс разложения отходов продолжается многие десятки лет, полигон можно рассматривать как стабильный источник биогаза. Эмиссия биогаза с полигона в зависимости от объема свалочных масс может составлять от нескольких десятков л/с (малые полигоны) до нескольких м³/с (крупные полигоны). Масштабы и стабильность образования, расположение на урбанизированных территориях и низкая стоимость добычи делают биогаз, получаемый на полигонах ТБО, одним из перспективных источников энергии для местных нужд. Утилизация биогаза на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО) требует инженерного обустройства полигона (создание изолирующего экрана, газовых скважин, газосборной системы и др.). При этом решается основная задача охраны окружающей среды в урбанизированных территориях - обеспечение чистоты атмосферного воздуха и предотвращение загрязнения грунтовых вод.

Собирать биогаз на полигонах нелегко. Основная проблема заключается в закачивании биогаза таким образом, чтобы избежать попадания воздуха или воды. Поэтому полигон ТБО должен быть герметичен, и это касается нескольких гектаров!

Еще одна проблема связана с дренажом фильтрата, который контактирует с атмосферой. Кроме того, объемы производства биогаза в м³/ч зависят от возраста отходов. Поэтому обычно каждая карта полигона оборудуется скважинами и сеткой дренажных труб (способных выдерживать давление отходов высотой 50 м), которые соединяются со скважиной через каждые 5 м. Отвод биогаза от скважин осуществляется по дегазационным трубопроводам к коллектору. Разряжение в газопроводах создается за счет установки вакуум-компрессора, после которого биогаз направляют в фильтр для сушки и далее в газосборник. От газосборника очищенный биогаз поступает в газовый двигатель соединенный с генератором электрического тока. В целях безопасности для сжигания излишков газа к газосборнику присоединена дымовая труба с газовым факелом. Газопоршневой агрегат устанавливается в контейнерном исполнении мощностью 1000 кВт.

Хотя для энергетики развитых стран использование биогаза (ТБО) не имеет решающего значения, но пренебрегать этим источником не следует как по экологическим, так и по экономическим соображениям, что

подтверждается опытом ряда государств. В ЕС принята Директива, в которой установлено требование сбора и утилизации свалочного газа со всех свалок, где были захоронены биологически разлагающиеся отходы, для минимизации вредных воздействий на окружающую среду и здоровье человека. Образующийся на свалках биогаз с начала 80-х гг. интенсивно добывается во многих странах. В настоящее время общее количество используемого биогаза составляет примерно 1,2 млрд. м³/год, что эквивалентно 429 тыс. т метана, или 1% его глобальной эмиссии.

Целью настоящей работы явилось создание экспериментального стенда на базе Инженерно-технологического центра Курьяновской станции аэрации по получению биогаза из свалочного тела. Результаты эксперимента показали следующее:

- На российских полигонах возможно получить биогаз требуемого качества;
- Для увеличения выхода биогаза целесообразно использовать предварительную сортировку отходов;
- Источником получения биогаза могут быть отбросы с решеток водоочистных станций.

Полученные данные лягут в основу создания рабочего проекта системы утилизации свалочного газа на полигоне «Торбеево» Московской области.

На полигоне «Торбеево» при площади основания 12,0 Га и высоте 49,0 м, с объемом захоронения 2,0 млн. м. куб. может быть получено 200,0 млн.куб. м биогаза. При сжигании данного количества биогаза может быть получено 300 млн. кВт-час электроэнергии на сумму 300 млн. руб. в год.

Комплекс оборудования предназначен для экспериментальной проверки новой технологии использования биогаза из захоронений твердых бытовых отходов с целью погашения выбросов биогаза в атмосферу и получения электрической энергии.

После извлечения биогаза земельный участок может быть использован для посадки деревьев и создания парка. При этом зона отчуждения может быть уменьшена с 1000 м до 500 м и использована для застройки жилыми домами.

УДК 628.4.04-405

ТЕХНОЛОГИЯ ХИМИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ КОМПОЗИЦИОННЫХ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТИПА «ТЕТРА ПАК»

Николайкина Н.Е., Гонопольский А.А.

Московский государственный университет инженерной экологии

Целью работы является выделение из отходов упаковки ценных компонентов, (например из отходов упаковки фирмы «Тетра Пак»). К ним относятся алюминиевая фольга и полиэтиленовая пленка. Для разделения

многослойных материалов используют метод экстракции полимеров, применяемый для разделения штапельного волокна и полимеров. На поверхности алюминиевой фольги в слабых кислотах (уксусная, муравьиная, ледяная) возникают метастабильные соединения, разрушающие адгезионную связь с полиэтиленовой пленкой. При этом растворение металла происходит столь медленно, что в течение времени разрушения адгезионной связи этим эффектом можно пренебречь. Весовое соотношение для отделения фольги в пересчете на 1 кг сухого сырья следующие расчетные данные по материалам проведенных лабораторных экспериментов:

- уксусная кислота концентрацией 75% (уксусная эссенция) используется в замкнутом цикле до 500 раз, потери с сырьем, при его отжиме и последующей сушке, не более 2% на полный цикл использования кислоты; на обработку 1 кг требуется 25 литров в циклическом режиме; итого 0,02 литра на 1 кг отходов.

- серная кислота концентрацией 50% используется в замкнутом цикле до 1000 раз, потери с осадком, при его отжиме, не более 1% на полный цикл использования кислоты; на обработку 1 кг требуется 40 литров в циклическом режиме; итого 0,025 литра на 1 кг отходов.

Остатки бумажного слоя с поверхности полиэтиленовой пленки удаляют растворением в крепких кислотах.

По результатам проведенных лабораторных исследований предложена следующая технологическая схема реагентной обработки 3-х слойных упаковочных материалов.

Предлагаемые технологические линии включают в себя следующие стадии:

1. Мойка измельченной тары;
2. Отмывка слоя картона;
3. Промывка дистиллированной водой влажной массы перерабатываемых отходов переработки упаковочных материалов типа «Тетра Пак»;
4. Приготовление реагентных растворов;
5. Загрузка промытой влажной массы перерабатываемых отходов и раствора в реактор с мешалкой;
6. Обработка исходной массы отходов в реакторе по заданному температурно-временному графику;
7. Слив реагентов для последующей регенерации по замкнутой технологической схеме;
8. Промывка смеси отделенных фракций водой;
9. Флотационное разделение отделенных фракций для последующей сушки и складирования.

Разрабатываемый технологический процесс представляет собой безотходное производство по перерабатываемому исходному сырью и замкнутую технологию по реагентному контуру.

В качестве СМС используются бытовые рецептуры. На мойку поступают отходы после предварительного дробления по классу – 50 мм.

Процесс мойки осуществляется отдельно для каждого компонента сырья при соотношениях расходов отходов и воды 1:3. Число оборотов шнека составляет 10 об./мин. Для промышленных целей необходим замкнутый цикл водооборота с промежуточными локальными очистными сооружениями.

Рециклинг воды используется с подщелачиванием до pH=5,5-6,5. Для этого используется техническая сода. Рециклинг использованных кислот сводится к их очистке от взвесей путем фильтрации через зернистый фильтр. Загрязненный песок отмывается той же содой, и повторно используется неограниченно.

Фракционирование отделенных компонентов осуществляется за счет разницы в плотности в жидкой среде.

Таким образом, предложенная технология дает возможность вторичного использования отходов потребления.

1. Kunststoffe, 1977. Bd. 67, N.1, s.16

2. Л. Штарке. «Использование промышленных и бытовых отходов пластмасс. Л.; «Химия», 1987-176 с.

УДК 665.63

АЭРОФОРМИНГ - НОВЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКООКТАНОВЫХ БЕНЗИНОВ

Катальмов А.В., Мортиков Е.С., Суфиянов Р.Ш.

Московский государственный университет инженерной экологии

Предложен новый способ получения высокооктановых бензинов, соответствующих стандарту Евро-4.

Ведущие эксперты нефтеперерабатывающей промышленности прогнозируют в ближайшем будущем значительное возрастание интереса к ресурсосберегающим малотоннажным НПЗ производительностью до 1 млн. тонн в год (по сырью). Одним из основных процессов промышленного производства неэтилированных высокооктановых бензинов, является процесс каталитического риформинга, осуществляемый на платиновых или полиметаллических катализаторах [1].

Этот процесс имеет ряд недостатков, вследствие которых строительство малотоннажных НПЗ на основе каталитического риформинга требует огромных капитальных затрат и является нерентабельным.

Наиболее перспективным для использования на малотоннажных НПЗ в настоящее время признан процесс переработки прямогонных бензинов в высокооктановые, обогащенные ароматическими углеводородами, без их предварительной гидроочистки, с использованием катализаторов на основе цеолитов группы пентасилов.

Повышение детонационной стойкости перерабатываемых на цеолитсодержащих катализаторах бензиновых фракций происходит, в основном, при конверсии алифатических парафинов и нафтенов в ароматические углеводороды. Использование катализаторов, содержащих цеолиты группы пентасилов, позволяет снизить образование тяжелых ароматических углеводородов. Гидрирующие/дегидрирующие компоненты в составе катализатора (такие металлы как Zn, Ga, Cd, Pt, Pd и другие) позволяют повысить селективность образования ароматических углеводородов, активность катализатора и продолжительность его работы до регенерации.

Существует ряд способов получения моторных топлив из углеводородного сырья в присутствии катализаторов ароматизации, например патенты США 3953366, 4590323, 4861933, Европейские патенты 0355213, 0964903, Российские патенты 2103322, 2208624, 2218319, 2024585. Условия каталитической конверсии бензиновых фракций зависят от их состава, от требований к качеству продукта и от активности используемого катализатора. Типичные условия следующие: температура 350 – 500 °С, давление до 3 МПа, объемная скорость подачи сырья до 5 ч.⁻¹. Из прямогонного бензина с концом кипения 180 °С можно получить бензин с выходом 40 – 80% с октановым числом 81-88 ИМ, содержащий до 30 массовых процентов ароматических углеводородов. При конверсии сырья образуется 20 - 60 массовых процентов водородсодержащего газа (около 60 объемных процентов водорода), включающего 70 - 75 массовых процентов пропана и бутана.

Известен способ получения моторных топлив из фракций газового конденсата на цеолитных катализаторах промышленно осуществленного процесса ароматизации [2]. Согласно данному способу высокооктановые бензины производят процессом "цеоформинг" из прямогонных бензиновых фракций, выделяемых из газовых конденсатов. Процесс "цеоформинг" осуществляют следующим образом: прямогонную бензиновую фракцию разделяют с выделением фракций НК – 58 °С и > 58 °С, вторую фракцию подвергают переработке при повышенных температурах (до 460 °С) и избыточном давлении (до 5 МПа) на цеолитсодержащем катализаторе со скоростью до 5 ч.⁻¹. Продукты реакции фракционируют с выделением углеводородных газов, остаточной фракции >195 °С и высокооктановой фракции, которую смешивают с фракцией НК – 58 °С для получения целевого бензина.

Основными недостатками данного способа, также как и остальных, являются относительно низкие выходы и октановые числа получаемых бензинов, высокое содержание бензола в бензине, низкая скорость по сырью, длительная регенерация закоксованного катализатора.

Возможность полного устранения или минимизации большинства недостатков, присущих процессу "цеоформинг", связана с созданием новых цеолитных катализаторов, обладающих, с одной стороны, высокой активностью в процессах ароматизации, и, с другой стороны, повышенной

стабильностью к закоксовыванию. Разработка нами таких катализаторов привела к созданию нового процесса – “аэроформинг”, в котором активность катализатора позволяет длительное время с короткими регенерационными периодами работать на скоростях до 20 ч.⁻¹, при этом содержание бензола в катализате позволяет без дополнительных технологических стадий получать бензин в соответствии с требованиями Евро-4.

Таблица Сравнительная оценка процессов получения высокооктановых бензинов

РИФОРМИНГ	ЦЕОФОРМИНГ	АЭРОФОРМИНГ
Достоинства		
1. Отработанность процесса; 2. Возможность использования аппаратов 60 м ³ и более; 3. Низкое газообразование; 4. Длительный межрегенерационный и общий пробег катализатора.	1. Доказанная осуществимость; 2. Отсутствие жестких требований к подготовке сырья; 3. Нет потребности в водороде.	1. Высокая производительность; 2. Низкие капиталозатраты; 3. Низкие расходы на катализатор и его регенерацию; 4. Отсутствие жестких требований к подготовке сырья; 5. Нет потребности в водороде.
Недостатки		
1. Высокая стоимость платинового катализатора; 2. Очень высокие капиталовложения; 3. Жесткие требования к подготовке сырья; 4. Сложная процедура регенерации катализатора; 5. Потребность в водороде; 6. Образуется много бензола.	1. Низкая производительность; 2. Высокие капиталовложения; 3. Сложная процедура регенерации катализатора; 4. Образуется значительное количество газов.	Не освоен в промышленности

Типичный состав продуктов:

- Бензин качества Евро-4 – 70-75%;
- Пропан-бутан (бытовое или автомобильное топливо) – 15-20%;
- Водородсодержащий газ (используется на нужды установки) – около 10%.

Для сравнения, выход бензина с октановым числом около 92 для сырья «Дистиллят газового конденсата легкий» с температурой конца кипения 150 °С в процессе «цеоформинг» составляет 45-55%, а в процессе «аэроформинг» - 70-75%, при этом в катализаторе также не используются драгоценные металлы.

1. Гуреев А. А., Жоров Ю. М., Смидович Е. В. Производство высокооктановых бензинов. – М.: Химия, 1981, - 224с.

2. Агабалян Л.Г. и др. Каталитическая переработка прямогонных фракций газового конденсата в высокооктановые топлива. - Химия и технология топлив и масел, 1988, N 5, с.6.

**СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В
НЕФТЕПРОДУКТАХ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКА**

¹Гриднева Е.С., ¹Систер В.Г., ²Абрамов В.О., ²Муллакаев М.С.

¹ Московский государственный университет инженерной экологии

² Институт общей и неорганической химии РАН

Исследован процесс обессеривания нефтепродуктов с применением ультразвука с использованием нового специально разработанного оборудования. Показано снижение содержания серы в образцах в результате каталитического окисления.

Непрерывный рост потребления нефти и нефтепродуктов во всем мире, а также постоянно растущие требования к их качеству стимулируют поиск новых научных и технологических решений, позволяющих направленно влиять на характеристики нефтепродуктов. Обессеривание существенно повышает товарные и потребительские качества нефти, снижает вредное воздействие на окружающую среду, повышает долговечность технологического оборудования для переработки нефти. В настоящее время все больший интерес ученых вызывают задачи, возникающие на стыке различных наук, требующие новых подходов, использования современных высокотехнологичных и наукоемких методов для их решения. Одним из примеров такого взаимодействия различных областей науки является применение физико-механических методов воздействия на химические системы. При этом ультразвуковые колебания как один из таких методов заслуживают, на наш взгляд, более подробного исследования.

В настоящее время известно, что химическое действие ультразвука связано с кавитацией. Под термином «кавитация» понимают процесс образования полостей в жидкости с последующим захлопыванием этих полостей, что сопровождается интенсивными гидравлическими ударами. При проведении реакций с применением катализатора схлопывание кавитационных пузырьков может вызвать не только дробление твердых частиц катализатора и соответственно увеличение его удельной поверхности, но и эффективное механическое перемешивание компонентов. Кроме того, как показывают расчеты, схлопывание образовавшихся под действием ультразвука микропузырьков может привести к возникновению температуры около 5000 К и давления по разным оценкам от 1000 до нескольких десятков тысяч атмосфер [1–3].

Интенсификация процессов тепло- и массообмена является одним из важнейших методов повышения эффективности нефтехимических процессов. Применение ультразвука для решения подобных проблем весьма эффективно. Под воздействием ультразвука в жидких средах возникают интенсивные микро- и макропотоки, кавитация, что приводит к

интенсификации тепло- и массообменных процессов, увеличению скорости химических реакций и т. п. [4].

Нами проведены исследования влияния ультразвукового воздействия на различные процессы. В частности, изучены возможности каталитического обессеривания нефти и нефтепродуктов.

Для исследования процесса окислительного обессеривания нефти с помощью ультразвука была изготовлена установка, состоящая из реактора, ультразвукового излучателя и вспомогательных систем (см. рис. 1).

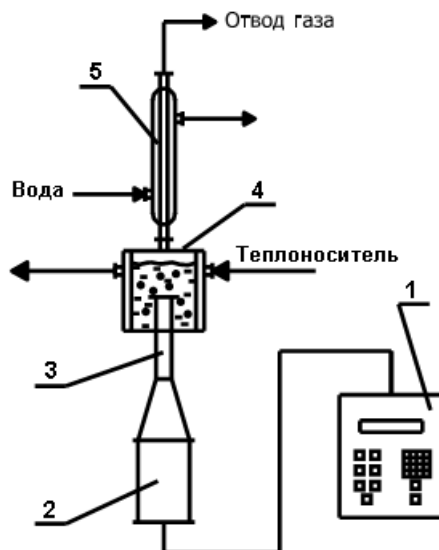


Рис. 1. Схема установки для обессеривания нефти и нефтепродуктов: 1 – ультразвуковой генератор; 2 – магнитострикционный преобразователь; 3 – волновод; 4 – реактор; 5 – холодильник.

Количественное содержание серы в нефтепродуктах определяли методом двойного сжигания и потенциметрического титрования. Погрешность составляла не более 0,06%.

Предварительные эксперименты показали, что наилучшим способом очистки нефтепродуктов от серы является ступенчатая периодическая обработка в ультразвуковом поле с последующим удалением очищенной части нефти.

В таблицах 1 и 2 приведены результаты анализа общего содержания серы в нефти (табл.1) и дизельном топливе (табл. 2) до и после окислительного ультразвукового обессеривания после четырех циклов промывки.

Таблица 1. Результаты анализа общего содержания серы в нефти.

Образец	Массовая доля фазы,% масс.	Содержание серы,% масс.
Исходная нефть	100	1,23
Водная фаза	25	0,022
Очищенная нефть	31	0,86
Водно- углеводородная обратная эмульсия	44	2,17

Как видно из приведенной таблицы, содержание серы в очищенной нефти составило 0,86%, т.е. снизилось на 0,37% (1,23% – 0,86%), или на 30% (0,37/1,23) в относительном количестве.

Таблица 2. Результаты анализа общего содержания серы в дизельном топливе.

Образец	Массовая доля фазы, % масс.	Содержание серы, % масс.
Исходное ДТ	100	1,04
Очищенное ДТ	60	0,65
Водная фаза	10	0,06
Водно-углеводородная обратная эмульсия	30	2,12

Из табл. 2 видно, что использование разбавленной серной кислоты в качестве окислителя приводит к существенному снижению содержания серы в дизельном топливе. Степень обессеривания после четвертой промывки составила 40%.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Под воздействием мощного ультразвука в присутствии катализатора и окислителя (перекись водорода, слабый раствор серной кислоты) нефтепродукты (нефть, дизельное топливо) подвергаются десульфурации на ~ 30 – 40%.

В нефтепродуктах, подвергнутых ультразвуковому воздействию, в процессе промывки водой в воду переходит значительное количество серы (вплоть до 58%).

Использование катализатора из одних никелевых гранул не дало положительного эффекта при применении в качестве окислителя перекиси водорода.

При использовании в качестве окислителя слабоконцентрированной серной кислоты (1,5%) эффект был получен (~35 – 38%).

Количество промывок положительно сказывается на оставшихся в сырье серосодержащих химических соединениях.

Зависимость концентрации оставшейся серы в нефтепродуктах и серы в промывочной воде носит сложный характер и указывает на то, что количество промывок должно быть не менее четырех.

1. Мэйсон Т. и др. Химия и ультразвук. Пер.с англ./ Под ред. Т. Мейсона. – М.: Мир, 1993. – 191с.
2. Эльпинер И.Е. Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие. – М.: Физматгиз, 1963. – 420с.
3. Новицкий Б.Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии). – М.: Химия, 1983. – 192с.
4. Муфазалов Р.Ш., Арсланов И.Г., Гимаев Р.Н., Зарипов Р.К. Акустическая технология в нефтехимической промышленности. – Казань: Изд-во «Дом печати», 2001. – 152с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОКСА УЛУЧШЕННОГО КАЧЕСТВА

Ковалев Е.Т., Рыщенко А.И., Шульга И.В.

Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)

Использование кокса как топлива в доменных печах приводит к образованию парниковых газов, количество которых составляет в среднем 2,85 т/т кокса. Улучшение качества кокса наряду с повышением производительности доменной печи приводит к снижению расхода кокса на выплавку чугуна и соответственному уменьшению количества образующихся парниковых газов.

Кокс является основным углеродсодержащим материалом в доменной шихте. При этом большая часть углерода кокса (~90%) в результате протекания химических реакций в самой печи, а также сжигания за ее пределами образующегося доменного газа превращается в парниковый газ – диоксид углерода. Остальная часть углерода расходуется на образование карбидов железа в чугуне.

Расчеты показывают, что при средней зольности кокса 11,5%, содержании углерода в горючей массе кокса 97,5%, его расходе на выплавку чугуна ~500 кг/т и содержании углерода в чугуне 4,3% количество образующегося углекислого газа составляет 2,85 т/т кокса. Поэтому, уменьшая расход кокса в доменной печи, можно снизить выбросы парниковых газов. Кроме этого, при уменьшении потребности в коксе в результате снижения расхода появляется возможность уменьшения выбросов вредных веществ при его производстве, которые в современных условиях составляют ~4 кг/т кокса.

Основными направлениями снижения расхода кокса в доменном производстве являются: улучшение качества доменного кокса и использование его заменителей (пылеугольного топлива, коксового орешка, антрацита, восстановительных газов, мазута и других жидких топлив).

Эти два направления являются взаимосвязанными, так как замена значительных количеств кокса (150-250 кг/т чугуна) возможна лишь при его высоком качестве. Все заменители в доменной печи могут выполнять функции только источника тепла и восстановителя. Заменить кокс как разрыхлитель в данной технологии нельзя, так как именно он является единственным твердофазным материалом на нижних горизонтах доменной печи. Поэтому при замене части кокса функцию разрыхлителя должно выполнять меньшее количество материала, что еще раз подтверждает актуальность работ по улучшению качества доменного кокса [1].

Это качество характеризуется комплексом свойств, среди которых в первую очередь следует отметить характеристики вещественного состава (показатели технического и элементного анализа), а также физические свойства – крупность, механическую прочность, теплотворную способность и удельное электрическое сопротивление [2]. В последнее время повышенное внимание уделяется показателям реакционной способности и послереакционной прочности, определяемым по методике Nippon Steel Corporation [3]. Они во многом определяются качеством используемой угольной шихты, в частности, ее зольностью, сернистостью, а также химическим составом минеральной части [4]. В то же время показатели реакционной способности кокса взаимосвязаны и со спекаемостью шихты, соотношением в ней углей разных стадий метаморфизма (оцениваемым с помощью среднего показателя отражения витринита) и технологическими параметрами коксования [5, 6].

Нами на батарее № 1-бис КХП ОАО «МК «Азовсталь» был проведен комплекс научно-исследовательских и производственных работ с целью получения кокса улучшенного качества для последующего испытания его в доменной печи. При разработке состава угольной шихты прежде всего исходили из необходимости снижения сернистости и обеспечения благоприятного химического состава минеральной части. В соответствии с этим в качестве спекающей основы был принят концентрат коксового угля шахты «Красноармейская – Западная № 1», содержание которого в шихте составляло 60%. Также использовали газовые угли ОФ «Распадская», а в качестве отощающего компонента – угли КС/ОС ЦОФ «Коксовая» Кузнецкого бассейна (по 10% каждого угля). Кроме того, для достаточной спекаемости шихты в нее вводили жирный уголь ЦОФ «Киевская» (15%) и коксовый уголь ЦОФ «Пролетарская» (5%). Это позволило обеспечить толщину пластического слоя шихты на уровне 15 мм.

Концентраты ЦОФ «Киевская» и «Пролетарская» являются типичными углями Донбасса, характеризующимися достаточно высокой сернистостью (~1,9%) и хорошей спекаемостью (Y для них составлял 22 и 15 мм соответственно). Как показано нашими исследованиями, повышение спекаемости шихты приводит к улучшению реакционной способности кокса даже при снижении среднего показателя отражения витринита, увеличении индекса основности, зольности и сернистости шихты до определенного предела ($Sdt \leq 1,1\%$). Это объясняется участием серосодержащих функциональных групп в процессах спекания, в частности, с образованием сульфидных и дисульфидных связей, как показано нашими результатами исследования структуры кокса. Сернистость шихты составляла 1,00-1,05%, то есть при таком ее уровне введение 20% углей с повышенной спекаемостью благоприятно сказалось на качестве кокса, в том числе и реакционной способности.

В период проведения опытных коксований продолжительностью более 20 суток поддерживался постоянный технологический режим работы коксовой батареи №1. Средняя продолжительность коксования составляла

18,3 ч, а температура в контрольных вертикалах - 1280/1310 °С по машинной и коксовой сторонам соответственно. Коэффициент избытка воздуха при сжигании отопительного газа (коксового) выдерживался на уровне 1,4-1,5. Давление в газосборнике составляло 177 Па (18 мм вод. ст.). Температура кокса по оси пирога за 15 мин до выдачи составляла 1006-1023 °С на уровне 5,5 м от пода печи. Сила тока привода выталкивающей штанги при выдаче печей (так называемый «ампераж выдачи») находилась в пределах 250-300 А, что обеспечивало благоприятные условия эксплуатации батареи.

Полученный кокс характеризовался высоким качеством. По сравнению с обычным коксом он имел меньшие зольность (на 0,6%) и сернистость (на 0,2%), более высокую сопротивляемость дробящим усилиям (показатель M25 возрос на 0,3%) и меньшую истираемость (показатель M10 уменьшился на 0,9%). Показатель CRI снизился на 13,6%, а показатель CSR возрос на 17,6%.

В результате совместного действия всех отмеченных факторов расход кокса улучшенного качества на выплавку чугуна снизился на 6,0% (31,4 кг/т), а производительность доменной печи № 5 ОАО «МК «Азовсталь» возросла на 10,5% (277 т/сутки) [7]. Продолжительность опытной доменной плавки составила 21 сутки. Снижение расхода кокса привело к уменьшению количества образующихся парниковых газов – с 1,49 т/т чугуна до 1,40 т/т.

Аналогичные результаты были получены и другими исследователями, в частности, при испытании кокса улучшенного качества батареи № 9 ОАО «АКХЗ» на доменной печи № 5 Енакиевского МЗ [8].

Повышение качества кокса является предпосылкой для снижения его расхода до 300-400 кг/т чугуна в результате использования заменителей кокса (прежде всего пылеугольного топлива и восстановительных газов), которые по сравнению с самим коксом характеризуются большим содержанием водорода в горючей массе и меньшим – углерода. Это приводит к заметному сокращению выброса парниковых газов. При этом наиболее высоким содержанием водорода характеризуется коксовый газ, объемная доля чистого водорода в котором составляет ~60%, а массовая доля водорода (с учетом метана и других углеводородов) превышает 25%. В результате выбросы парниковых газов на единицу полученного тепла при сжигании коксового газа значительно меньше, чем при сжигании других видов газообразных, жидких и твердых топлив.

ВЫВОДЫ

1. Использование кокса как топлива в доменных печах приводит к образованию парниковых газов, количество которых составляет в среднем 2,85 т/т кокса.

2. Улучшение качества кокса наряду с повышением производительности доменной печи приводит к снижению расхода кокса

на выплавку чугуна и соответственному уменьшению количества образующихся парниковых газов.

3. Использование кокса улучшенного качества, полученного на батарее № 1-бис КХП ОАО «МК «Азовсталь», при выплавке чугуна на доменной печи № 5 позволило повысить производительность домны на 10,5% и снизить расход кокса на 6,5%. Пропорционально снижению расхода кокса снижается и количество парниковых газов, образующихся при выплавке чугуна – с 1,49 до 1,40 т/т.

4. Повышение качества является предпосылкой для снижения расхода кокса до 300-400 кг/т чугуна в результате использования его заменителей (прежде всего пылеугольного топлива и восстановительных газов), которые по сравнению с самим коксом характеризуются большим содержанием водорода в горючей и массе и меньшим – углерода. Это приводит к заметному сокращению выброса парниковых газов. При этом наибольший экологический эффект достигается при использовании в качестве восстановителя коксового газа, характеризующегося наибольшим содержанием водорода.

1. Ковалев Е.Т., Шмалько В.М., Шульга И.В., Рыщенко А.И. Формирование свойств кокса. Реакционная способность // Углекислотный журнал. 2006. № 5 – 6. С. 13 – 20.

2. Пинчук С.И. Контролируемая технология коксования. – К.: Техніка, 1994. – 170 с.

3. ДСТУ 4703:2006 (ISO 18894:2006, MOD). Кокс. Метод визначення індексу реакційної здатності коксу (CRI) і міцності залишку коксу після реакції (CSR) // М.П. Гапотченко, А.Ф. Кузніченко, Л.Г. Орехова, В.М. Шмалько (УХІН). – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 23 с.

4. Кафтан Ю.С., Дроздник И.Д., Мирошниченко Д.В. и др. Взаимосвязь органической и минеральной частей угольной шихты с «холодной» и «горячей» плотностью кокса // Углекислотный журнал. – 2007. № 3 – 4. С. 3 – 13.

5. Todoshuk T.W., Price J.P., Gransden J.F. Increasing coke strength after reaction with CO₂ (index CSR) in Dofasco // Iron and Steel Technology. 2004. March. P. 73 – 84.

6. Золотухин Ю.А., Андрейчиков Н.С., Гилязетдинов Р.Р. Сравнительный анализ основных факторов, формирующих высокие показатели качества кокса CSR и CRI из шихт «ВНР Steel» и ОАО НТМК // Кокс и химия. 2006. № 6. С. 18 – 23.

7. Буга И.Д., Бондарчук П.Н., Рыщенко А.И. и др. Опытные доменные плавки на коксе с улучшенной реакционной способностью // Углекислотный журнал. – 2006. № 3. С. 22 – 28.

8. Подкорытов А.Л., Кузнецов А.М., Падалка В.П. и др. Опыт освоения и оптимизации технологии на доменной печи № 5 Енакиевского металлургического завода // ОАО «Черметинформация». Бюллетень «Черная металлургия». 2008. № 11. С. 59 – 70.

АНАЛИЗ ПУТЕЙ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ В УКРАИНЕ

¹Парфенюк А.С., ¹Веретельник С.П., ¹Сова А.Н., ¹Топоров А.А.

²Власов Г.А., ²Кауфман С.И., ²Клешня Г.Г., ²Скрипченко Н.П.

¹Донецкий национальный технический университет, Украина

²ОАО «Авдеевский коксохимический завод», Украина

Рассмотрена проблема утилизации твердых бытовых и промышленных отходов и рационального использования полимерных отходов с учетом мирового опыта и сложившихся в Украине условий.

Проблема твердых бытовых отходов (ТБО) в Украине все более обостряется. Свалки ТБО занимают огромные площади, только в Донецкой области это более 500 кв. км. Отходы разлагаются, выделяя свалочный газ, токсичные фильтраты и другие опасные ядовитые вещества.

Значительным компонентом отходов являются полимеры: упаковочные материалы, корпуса различного оборудования, бытовой техники, трубы, мебель и многое другое. Их доля превысила 12%, а ежегодный прирост составляет 10-12% [1,2].

Полимеры практически не разлагаются под действием естественных факторов, как это происходит с другими органическими отходами, а те из полимеров, которые медленно, но разрушаются, в процессе разложения выделяют токсичные соединения, загрязняющие окружающую среду. Способ избавления от мусора путем простого сжигания по отношению к полимерным отходам просто недопустим из-за токсичности газовых выделений.

Кратко рассмотрим зарубежный опыт решения проблемы. Сжигать целесообразно только некоторые типы пластмасс, потерявших свои свойства, для получения тепловой энергии. Известна тепловая электростанция в городе Вульвергемптоне (Великобритания) впервые в мире работает на полимерах и старых автомобильных покрышках. Осуществить этот уникальный проект, позволяющий обеспечить электроэнергией 25 тыс. жилых домов, помогло английское Управление по утилизации неископаемых видов топлива. В Германии в сфере утилизации отходов занято более миллиона человек; на экологические программы ежегодно расходуется около 30 млрд евро.

На Тайване правительственными учреждениями, школам, вооруженным силам запрещено пользоваться полиэтиленовыми пакетами и сумками. За нарушение закона накладываются большие штрафы.

В США производится более 1,5 тысяч наименований изделий из вторичных пластмасс, которые раньше производились только с использованием первичного сырья. Этот опыт расширяется.

В Великобритании и США осуществляют утилизацию свалочного газа (биогаза), заменяющего в качестве топлива каменный уголь и природный газ.

Япония стала инициатором изготовления печей небольшой мощности без дымовых труб и отходящих газов, в которых по технологии пиролиза отходы превращают в углеводородное волокно, карбидокремниевые волокна для различных практических нужд.

В Китае очень развита система заготовки вторичного сырья: макулатура, полимерная и металлическая упаковка (алюминиевые и жестяные банки, пластиковые бутылки, стеклотара). Небольшие передвижные приёмные пункты расположены рядом с жилыми домами.

Существуют также промышленно освоенные технологии пиролиза отходов пластических масс и изношенных автомобильных шин (Великобритания, США, Япония, Италия, Германия). Заводы мощностью 50 - 80 тыс. тонн отходов в год производят газообразное, жидкое топливо, технический углерод. Однако предварительное измельчение отходов и высокие затраты на разделение и очистку продуктов пиролиза в соответствии с экологическими и санитарными нормами, а кроме того высокая цена оборудования требуют государственных дотаций для покрытия издержек производства. Все это приводит к тому, что перерабатывается только незначительное количество отходов, а прочее продолжает накапливаться.

Некоторые разработки в странах СНГ также представляют практический интерес.

Так специалистами ЗАО "Дон-Трэйд" была апробирована уникальная технология переработки. Создан бизнес-проект, позволяющий утилизировать до 10 000 тонн отходов [2]. При этом из опасных ПЭТФ-отходов предлагается получать весьма востребованные пенополиуретаны - эффективные теплоизолирующие материалы, которые отвечают современным требованиям по энергосбережению. Спектр их использования весьма широк. Внедрение этой технологии требует инвестиций.

Украинским государственным химико-технологическим университетом совместно с ОАО "Авдеевский коксохимический завод" разработана методика высокотемпературного (900 - 1000°C) пиролиза отходов полимеров и шин с последующим разделением и очисткой продуктов пиролиза [3]. Методика подготовки отходов к дозированию в шихту позволяет применять основное оборудование завода без внесения изменений в производственный цикл. Таким образом, продукты пиролиза отходов и угольной шихты химически совместимы и перерабатываются совместно в цехе улавливания. Конечные продукты переработки соответствуют ГОСТам и ТУ, являются ликвидным товаром и реализуются потребителям.

Конечными продуктами пиролиза отходов полимеров являются: кокс, каменноугольная смола, мокрый бензол, газообразные углеводороды,

водород. Экономические показатели работы завода при утилизации 5 - 10% отходов в составе шихты улучшаются за счет реализации дополнительной продукции. Завод может переработать в сутки до 700 тонн отходов, или 260 тыс. т в год. Украинская коксохимия может переработать до 3 млн тонн отходов в год, что сравнимо с годовым их накоплением. Одновременно будет сэкономлено 3 млн т коксующихся углей на сумму больше 500 млн грн. [3].

Поскольку со стороны государства не реализуются неоднократно предлагаемые программы, необходимо искать методы, позволяющие бороться с отходами без привлечения дополнительных средств. Это возможно, если в качестве способа утилизации отходов использовать уже существующие технологии. Например, загружать сортированные полимерные отходы в камеру коксования, где они будут разлагаться и в виде газообразных веществ улавливаться и использоваться в качестве топлива котельных и др.

Альтернативным и относительно недорогим методом является метод формования нагреваемых полимерных отходов на существующих в строительной промышленности прессах. Полученные изделия могут быть использованы в качестве строительных материалов, тем самым будут использованы такие их качества: как стойкость к атмосферным воздействиям, высокая прочность, небольшая масса и т.п.

Возможно расширение существующих производств по изготовлению пригодных к использованию изделий из вторичного сырья полимеров. Исследования показали, что использование вторичного сырья позволит экономить до 40% средств, ранее затрачиваемых на закупку первичного сырья.

Следовательно, разработка и внедрение технологий по утилизации и использованию отходов позволит добиться экономии сырья для существующих производств и получения высокого экономического эффекта.

Наиболее перспективным и масштабным, по нашему мнению, является разработанный в ДонНТУ метод ТЭРО (термолизно-энергетической рекуперации отходов)[5,6]. Он заключается в термическом разложении углеродистого сырья без доступа воздуха. Газообразные продукты, получаемые в результате такого разложения отводятся из термолизной камеры и могут быть использованы в качестве топлива. Еще одним преимуществом этого метода является возможность его применения на базе существующих производств. Это значительно снижает затраты, связанные с организацией процесса и минимизирует подготовительные работы.

Таким образом, для решения проблемы ТБО и полимерных отходов в частности, необходимо создать государственную систему организации сбора, сортировки и первичной обработки и систему цен на вторичное сырье, стимулирующих предприятия к их переработке; разработать эффективные способы переработки вторичного полимерного сырья и его модификации с целью повышения качества; создать специальное

оборудование для его переработки и предложить номенклатуру изделий, выпускаемых из вторичного полимерного сырья.

Первым серьезным шагом в решении проблемы ТБО в Украине является выбор наиболее эффективного метода их переработки приемлемого для каждого региона, но с использованием зарубежного опыта. Это выведет экологическую безопасность в Украине на должный уровень.

1. Турченко Д.К. Пластиковый Армагеддон: Журнал «Удачный выбор», № 40 от 01.12.2005.

2. Клинков А.С., Беляев П.С., Соколов М.В. Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов: Учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 80 с.

3. Барский В. Д., Мадатов А. В., Власов Г. А. Об утилизации смешанных и загрязненных отходов полимеров и получении жидкого и газообразного топлива методом пиролиза: Источник <http://www.waste.com.ua/> публикация от 27.11.2005.

4. Сборник статей и информационных материалов по технологиям переработки муниципальных отходов [Составители: Т.Филкова, Т. Мусуралиев, М. Рогожин, О. Элеманов, М. Ильязов]. – Бишкек: 2006. 255 с.

5. Парфенюк А.С. Новый агрегат для переработки твердых отходов Кокс и химия. 1999. № 2. С. 35-37

6. Парфенюк А.С., Веретельник С.П., Кутняшенко И.В., Топоров А.А. Проблема создания промышленных агрегатов для утилизации твердых углеродистых отходов. Возможности ее решения Кокс и химия. 1999. № 3. С. 40-44

УДК 504

ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕДУРЫ РАНЖИРОВАНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ИНВЕСТИЦИОННО- ИННОВАЦИОННЫМ ПРОЕКТАМ И ГЕОТЕХНИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ

Шахурин Д.С.

Московский государственный университет инженерной экологии

Влияние экологических проблем как на глобальном, так и на национальном и локальном уровне обуславливает всеобщее признание экологических факторов в развитии общества. Проблемы экологической безопасности характерны и для Российской Федерации. Радикальное решение проблем экологической безопасности осложняется тем, что нормативно-методическое обеспечение не вполне адекватно соответствует оптимальным условиям природопользования. Воздействие технологических процессов на природные объекты в большинстве случаев имеет неуправляемый характер, что затрудняет проведение процедуры идентификации источников загрязнения и снижение уровня указанного воздействия. В связи с этим возникает ряд проблем, связанных с экологизацией производства, нуждающихся в исследовании. Неоднозначность взаимосвязи хозяйственной деятельности и природной среды, ухудшающаяся экологическая ситуация не позволяют четко

идентифицировать эти процессы и формализовать методы оценки их динамики. Решение этих вопросов обеспечивается использованием методов экологического менеджмента (ЭМ) на предприятии.

При разработке инновационно-инвестиционных проектов (ИИП) используется большое количество эколого-экономических критериев (ЭЭК). Для их отбора применяются статистические методы, используемые в системе ISO качества и при обработке данных экологического мониторинга¹. Наиболее широко применяются метод стратификации (расслоения), диаграмма Исикавы, причинно-следственная диаграмма Парето, диаграмма разброса и т.д.

Можно отметить, что метод стратификации позволяет выбрать из большего массива данных только те факторы, что обеспечивают качественный анализ в системе экологического менеджмента (СЭМ) и влияющие на качество гидросферы, атмосферы и литосферы.

Диаграмма Исикавы в СЭМ позволяет выявить причины и следствия, влияющие на качество окружающей среды в геотехнической системе (ГТС). При построении диаграммы Исикавы из всего массива данных выбирают наиболее важные эколого-экономические факторы. Для этого используют экспертные оценки и корреляционные зависимости между причинными факторами и показателями качества окружающей среды. При этом проводят ранжирование влияющих факторов по их значимости, используя диаграмму Парето.

При оценке ИИП часто рассматривают оптимум диаграммы Парето в сочетании с налогом Пигу². Оптимум по Парето устанавливается с учетом обложения экологическим налогом Пигу за сверхлимитный выброс в атмосферу, сброс загрязняющих веществ в воду и размещение отходов.

В целом при анализе инвестиционной привлекательности предприятий проводят комплексную оценку ЭЭК в несколько этапов³. Сначала отбираются наборы базовых показателей, характеризующих с разных сторон данную интегральную категорию. Затем из них выбирают относительно небольшое количество показателей в виде ЭЭК, которые отражают как требования потенциального инвестора, так и цели промышленного предприятия.

Этот выбор осуществляют по специальному алгоритму, предварительно ранжируя показатели по определенному правилу с учетом их веса при минимуме потерь из-за нарушений условий проведения процесса.

В общем виде оценка инвестиционной привлекательности предприятий (ИИП) широкого профиля с инновационной составляющей

¹ Клевлеев В.М. Статистические методы контроля и управления качеством. Учебное пособие, Федеральное агентство по образованию, -М.:МГУИЭ, 2008, 538с.

² Мезенцева Т.А. Организационно-экономический управления охраной окружающей среды на предприятиях. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. экон.наук.- М:ИГРАНи ФГУП «Институт микроэкономики», 2004-26 с.

³ Пахомова Н.Э., Эндрес А., Рихтер К. Экологический менеджмент. Учебное пособие.- СПб. Питер,2003,-544с.

W_{ин} в соответствии с классификацией по группе рисков записывается в виде:

$$W_{ин} = \sum_{j=1}^b \left[b_j \sum_{i=1}^n a_i x_{ri}, b_j \sum_{i=1}^n a_i x_{pi}, b_j \sum_{i=1}^n a_i x_{pi^*}, b_j \sum_{i=1}^n a_i x_{эyi}, b_j \sum_{i=1}^n a_i x_{эmpi}, b_j \sum_{i=1}^n a_i x_{эoni} \right],$$

где x_{ri} – значения i – показателя, относящегося к градации отраслей по опасности воздействия на среду; x_{pi} – значения i – показателя, относящегося к группе внешних экологических рисков; x_{pi^*} – значения i – показателя, относящегося к группе внутренних экологических рисков; $x_{эyi}$ – значения i – показателя, относящегося к группе показателей «экологизации» управленческих и технологических решений; $x_{эmpi}$ – значения i – показателя, относящегося к использованию ВМР и альтернативного топлива; $x_{эoni}$ – значения i – показателя, относящегося к группе дополнительных показателей; a_i – вес i – показателя (присваивается экспертно); b_j – вес j – категории (присваивается экспертно); j – количество эколого-экономических категорий инвестиционной привлекательности предприятий; n – количество показателей в группе.

Таким образом, величина $W_{ин}$ определяется с использованием величин рисков, эффективности эколого-ориентированных управленческих решений и функционирования предприятия. В качестве инновационной составляющей используются показатели материального и сырьевого рециклинга, а также показатели использования ВИЭ.

При ранжировании этих показателей в общем случае качество показателей по внедряемым технологиям можно оценивать по производительности Q_i и степенью экологизации предприятия $D(\varepsilon)$ ⁴. Величина $D(\varepsilon)$ определяется по уравнению:

$$D(\varepsilon) = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon A_i}{\sum_{i=1}^n A_i},$$

Пределы изменения степени экологизации оцениваются выражениями

$$\max D(\varepsilon) = \max \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}, \quad \min D(\varepsilon) = \min \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon A_i}{\sum_{i=1}^n A_i},$$

при следующих значениях входящих в них величин

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \varepsilon A_i = const, \sum_{i=1}^n A_i \rightarrow \min; \sum_{i=1}^n A_i = const, \sum_{i=1}^n \varepsilon A_i \rightarrow \max; \\ \sum_{i=1}^n \varepsilon A_i = const, \sum_{i=1}^n A_i \rightarrow \max; \sum_{i=1}^n A_i = const, \sum_{i=1}^n \varepsilon A_i \rightarrow \min; \end{aligned}$$

аналогично для

⁴ Матевосова К.Л. Повышение эффективности эколого-ориентированных управленческих решений на предприятии. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. экон. наук – М.: ГУП, 2007- 25с.

$$D(\mathcal{E}) = \frac{\sum_{i=1}^n ПЭП_i}{\sum_{i=1}^n НЭП_i},$$

Пределы изменения уязвимости экологических активов предприятия У(ЭА)

$$\max Y(\mathcal{E}A)_{\text{при } \mathcal{E}A} = \sum_{i=1}^n НЭА_i;$$

$$\min Y(\mathcal{E}A)_{\text{при } \mathcal{E}A} = \sum_{i=1}^n ПЭА_i;$$

При наличии на предприятии (существующем или вновь строящемся) большого количества источников выбросов в атмосферу или других источников загрязнений или неудачно выбранной технологии может появиться опасность возникновения риска экологического банкротства R_0 . Тогда ее величина определяется

$$R_0 = \frac{\sum_{i=1}^n НЭП}{\sum_{i=1}^n П} = \frac{\sum_{i=1}^n НЭП}{K} = \frac{\sum_{i=1}^n НЭП}{ЛA};$$

где А – активы, П – пассивы, ЭА – экологические активы (ПЭА – «положительные» ЭА, НЭА – «отрицательные» ЭА), ЭП – экологические пассивы (ПЭП – «положительные» ЭП, НЭП – «отрицательные» ЭП), К – капитал (собственный и заемный); ЛА – ликвидные активы предприятия.

Используя предложенную методику и ЭЭК, была проведена процедура ранжирования с использованием оптимума Парето на предприятии, производящие минеральные удобрения. При широком ассортименте выпускаемых удобрений по различным контрактам была выбрана оптимальная процедура и график выпуска партий удобрений при минимальных величинах штрафов за нарушение контрактов и загрязнение окружающей среды. Таким образом, полученные характеристики позволяют с одной стороны повысить инвестиционную привлекательность проектов, с другой стороны повысить уровень выполнения контрактов с учетом ЭЭК и следовательно конкурентоспособность предприятия.

Предложенные в работе критерии для оценки ИПП были также использованы на примере анализа экономической эффективности предприятий Московской области (Шатурский, Ногинский, Сергиево-Посадский, Орехово-Зуевский районы). Сначала были выбраны отрасли промышленности, затем действующие в районе предприятия были распределены по степени инвестиционной привлекательности с учетом влияния экологических факторов.

Наиболее эффективными оказались предприятия по производству стройматериалов, лесопромышленного комплекса, машиностроение и электроэнергетика.

1. Клевлеев В.М. Статистические методы контроля и управления качеством. Учебное пособие, Федеральное агентство по образованию, -М.:МГУИЭ, 2008,538с.
2. Мезенцева Т.А. Организационно-экономический управления охраной окружающей среды на предприятиях. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. экон.наук.- М:ИГРАНИ ФГУП «Институт микроэкономики», 2004-26 с.
3. Пахомова Н.Э., Эндрес А., Рихтер К. Экологический менеджмент. Учебное пособие.- СПб. Питер,2003,-544с.
4. Матевосова К.Л. Повышение эффективности эколого-ориентированных управленческих решений на предприятии. Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. экон. наук – М.: ГУП, 2007- 25с.

УДК 628.3

УФ-ОБЛУЧЕНИЕ КАК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Горбенко О.О.

Московский государственный университет инженерной экологии

Обеззараживание питьевой воды имеет важное значение в общем цикле очистки воды и почти повсеместное применение. Использование для питья подземной и поверхностной воды в большинстве случаев невозможно без обеззараживания. Наиболее эффективным методом обеззараживания при очистке воды является ультрафиолетовое облучение.

Двадцатое столетие характеризуется интенсивным ростом населения Земли, развитием урбанизации. Появились города-гиганты с населением более десяти миллионов человек. Развитие промышленности, транспорта, энергетики, индустриализация сельского хозяйства привели к тому, что антропогенное воздействие на окружающую среду приняло глобальный характер. Повышение эффективности мер по охране окружающей среды связано прежде всего с широким внедрением ресурсосберегающих, малоотходных и безотходных технологических процессов, уменьшением загрязнения воздушной среды и водоемов.

Охрана окружающей среды представляет собой весьма многогранную проблему, решением которой занимаются, в частности, инженерно-технические работники практически всех специальностей, которые связаны с хозяйственной деятельностью в населенных пунктах и на промышленных предприятиях, которые могут являться источником загрязнения в основном воздушной и водной среды.

Водоотводящие системы и сооружения - это один из видов инженерного оборудования и благоустройства населенных пунктов, жилых, общественных и производственных зданий, обеспечивающих необходимые санитарно- гигиенические условия труда, быта и отдыха

населения. Системы водоотведения и очистки состоят из комплекса оборудования, сетей и сооружений, предназначенных для приема и удаления по трубопроводам бытовых производственных и атмосферных сточных вод, а также для их очистки и обезвреживания перед сбросом в водоем или утилизацией.

Объектами водоотведения являются здания различного назначения, а также вновь строящиеся, существующие и реконструируемые города, поселки, промышленные предприятия, санитарно-курортные комплексы и т.п.

Сточные воды – воды, загрязнённые бытовыми отбросами и производственными отходами и удаляемые с территорий населённых мест и промышленных предприятий системами канализации. К сточным относят также воды, образующиеся в результате выпадения атмосферных осадков в пределах территорий населённых пунктов и промышленных объектов. Содержащиеся в сточных водах органические вещества, попадая в значительных количествах в водоёмы или скапливаясь в почве, могут быстро гнить и ухудшать санитарное состояние водоёмов и атмосферы, способствуя распространению различных заболеваний. Поэтому вопросы очистки, обезвреживания и утилизации сточных вод являются неотъемлемой частью проблемы охраны природы, оздоровления окружающей человека среды и обеспечения санитарного благоустройства городов и других населённых мест.

Известно, что в сточных водах, даже прошедших все этапы традиционной очистки, содержатся патогенные бактерии. Это может привести к инфицированию людей, контактирующих со сточными водами. Содержание патогенных бактерий может достигать десятков тысяч клеток на 1л сточных вод. Патогенные микроорганизмы не удаляются полностью в процессе очистки: даже в очищенных сточных водах после вторичных отстойников могут присутствовать, например, сальмонеллы. В распространении кишечных инфекций водный путь передачи, в ряде случаев, имеет не меньшее значение, чем пищевой фактор, и может приводить к вспышкам заболеваний.

В сточных водах кроме патогенных бактерий присутствуют и вирусы. В настоящее время известно, что в сточных водах могут встречаться более 110 патогенных для человека вирусов.

Сточные воды, содержащие патогенную микрофлору, попадая в водоемы, инфицируют их и делают небезопасными в эпидемиологическом отношении. Так, по данным ВОЗ, уже в 70-х годах структура заболеваемости двух третей населения земного шара свидетельствовала о явном преобладании инфекционных заболеваний, обусловленных загрязнением водоемов. Очень часто загрязнение поверхностных водоемов сточными водами приводило к распространению таких заболеваний, как холера, дизентерия и др.

Не меньшую опасность представляет попадание сточных вод в подземные водоносные горизонты, которые используются в качестве

источников хозяйственно-питьевого, особенно децентрализованного, водоснабжения. Выпуск сточных вод в поверхностные водоемы также создает риск заражения во время купания при интенсивном бактериальном заражении водной флоры и фауны.

Еще большее значение обеззараживания сточных вод приобретает в связи с возрастающим дефицитом водных ресурсов и необходимостью использования технических нужд очищенных сточных вод. Заражение человека патогенными микроорганизмами при его случайном контакте с водой оборотного водоснабжения.

В отношении обеззараживания сточных вод СанПиН 4630-88 «Охрана поверхностных вод от загрязнения» указывает: «Запрещается сбрасывать в водные объекты сточные воды, содержащие возбудителей инфекционных заболеваний. Сточные воды, опасные в эпидемиологическом отношении, могут сбрасываться в водные объекты только после соответствующей очистки и обеззараживания до коли-индекса не более 1000 КОЕ/л.»

Наиболее перспективным в этих условиях промышленным методом является обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением. Применение УФ-метода для обеззараживания в системах очистки сточных вод оптимально решает возникшие проблемы. УФ-облучение обладает высокой эффективностью по отношению к патогенным микроорганизмам.

Действие УФ на разные типы микроорганизмов имеет одинаковую природу. Принцип УФ-обеззараживания заключается в прямом воздействии излучения на нуклеиновые кислоты, входящие в состав ДНК и РНК всех живых организмов. Уже в первых работах по исследованию воздействия УФ-излучения на микроорганизмы был обнаружен оптимум длин волн для уничтожения бактерий, находящийся в области 250 – 266 нм. Действие ультрафиолета на разные типы микроорганизмов имеет одинаковую природу. Входящие в состав ДНК пиридиновые основания - тимин и цитозин, отличающиеся высокой фотохимической активностью в области 250 - 280 нм, образуют под воздействием облучения сшивки (димеры). Этот фотопродукт обнаружен при использовании коротковолнового УФ-излучения в биологических дозах у самых различных объектов. Многочисленные факты свидетельствуют об определяющей роли димеров в летальном, мутагенном и других эффектах УФ-излучения. При этом внешняя структура микроорганизма оказывает минимальное влияние на эффективность УФ-излучения. Ультрафиолетовое облучение является летальным для большинства микроорганизмов, в том числе и для устойчивых к окислительным методам вирусов и цист простейших.

Ультрафиолетовые лучи длиной волн 220-280 нм действуют на бактерии губительно, причем максимум бактерицидного действия соответствует длине волн 260 нм. Данное обстоятельство используется в бактерицидных установках. Источником ультрафиолетовых лучей является ртутно-аргонная или ртутно-кварцевая лампа, устанавливаемая в

кварцевом чехле в центре металлического корпуса. Чехол защищает лампу от контакта с водой, но свободно пропускает ультрафиолетовые лучи.

В таблице приведена зависимость степени обеззараживания от различных доз облучения [степень обеззараживания — это десятичный логарифм или количество порядков отношения исходной и конечной концентрации микроорганизмов $\lg(N_0/N)$]. Для вирусов доза облучения 16 мДж/см² обеспечивает снижение на 1,8-2,9 порядка, достижение более значительной степени обеззараживания обеспечивается дозой 40 мДж/см² (более 4 порядков). Доза облучения 80 мДж/см² инактивирует цисты на 1-4 порядка.

Таблица

Микроорганизм	Степень обеззараживания при дозе УФ-облучения, мДж/см ²		
	16	40	80
Бактерии			
Aeromonas hydrophila	>6	>6	>6
Campylobacter jejuni	>6	>6	>6
Clostridium tetani	1,8	4,4	>6
Escherichia coli	6	>6	>6
Enterococcus	1,6	4	8
Fecal Coliform	>6	>6	>6
Fecal Streptococcus	1,6	4	8
Pseudomonas aeruginosa	>6	>6	>6
Salmonella paratyphi	5	>6	>6
Salmonella typhi	>6	>6	>6
Shigella dysenteriae	>6	>6	>6
Shigella flexneri	>6	>6	>6
Vibrio cholerae	>6	>6	>6
Вирусы			
Hepatitis A	2,9	>4	>4
Coliphage	4,4	>4	>4
Coliphage MS-2	0,7	1,7	3,5
Coxsackie	2,7	>4	>4
Poliovirus	2,1	>4	>4
Rotavirus	1,8	>4	>4
Простейшие			
Giardia lamblia	0,19	0,49	1,5
Cryptosporidium parvum	—	4 (0,1)	—

Обеззараживание происходит во время протекания воды в пространстве между корпусом и чехлом при непосредственном

воздействию ультрафиолетовых лучей на микробы. Поэтому наличие в воде взвешенных веществ, поглощающих световое излучение, снижает эффективность обеззараживания. Необходима также постоянная чистка наружной поверхности кварцевого чехла от осаждающегося осадка. Для этого имеются продольные щетки, которые приводятся в движение поршневым механизмом.

Ультрафиолетовое излучение действует мгновенно, поэтому контактные бассейны не нужны. В то же время излучение не придает воде остаточных бактерицидных свойств, а также запаха или привкусов.

Бактерицидная установка не нуждается в реагентах, она компактна, управление ее работой можно легко автоматизировать.

В отличие от применения химических реагентов процесс облучения абсолютно не изменяет вкусовых качеств воды. УФ-облучение не образует побочных продуктов реакции, его доза может быть увеличена до значений, обеспечивающих эпидемиологическую безопасность, как по бактериям, так и по вирусам. Этот вид излучения обладает энергией, достаточной для воздействия на химические связи, в том числе и на живые клетки. Поглощаясь внутри микроорганизмов молекулами ДНК и РНК, оно вызывает фотохимические изменения в их структуре. Также известно, что УФ-облучение действует на вирусы намного эффективнее, чем хлор.

УДК 662.74

ПЕРЕРАБОТКА СМОЛИСТЫХ ОТХОДОВ КОКСОХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

¹Власов Г.А., ¹Клешня Г.Г., ²Чешко Ф.Ф.

¹ ОАО «Авдеевский коксохимический завод», Украина

² Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)

Производство кокса из каменного угля является одним из основных переделов, обеспечивающих работу горнометаллургического комплекса Украины. Помимо кокса в данном производстве получают ценные химические продукты, в первую очередь - коксовый газ, бензол, серную кислоту и каменноугольную смолу. Разгонкой последней производят ряд фракций, находящих применение в химической и др. отраслях промышленности, а также каменноугольный пек - сырье для электродной продукции, используемой в цветной и черной металлургии. И смола, и различные сорта каменноугольного пека в значительных объемах реализуются на экспорт, в том числе в такие промышленно развитые страны, как Англия, Италия, Япония и др.

Большое количество единиц высокопроизводительной аппаратуры, используемой в процессах улавливания и переработки химических

продуктов коксования, а также особенности некоторых технологических процессов обуславливают значительные объёмы образования смолистых вторичных продуктов. До недавнего времени основным способом их утилизации было производство дорожных вяжущих материалов - дегтей, тяжелых смол и др. Однако, в последнее время ужесточение экологических требований существенно затруднило реализацию дорожных вяжущих на каменноугольной основе.

В настоящее время основным способом утилизации вторичных смолистых продуктов коксохимических производств является вовлечение их в угольную шихту, идущую на коксование. Целым рядом работ показано, что такие материалы, как, например, фусы механизированных осветлителей и другие смолистые органические отложения, не оказывают негативного влияния на процесс коксования, а в некоторых случаях способны положительно влиять на качество кокса. Вторичные материалы, отдельные качественные показатели которых осложняют их утилизацию и несовместимы с нормальным протеканием процесса коксования (например, слишком низкий или высокий уровень pH), как правило, могут подаваться в шихту в виде компаундов с другими материалами, полностью или частично нейтрализующими их отрицательные последствия.

Однако внесение смолopodobных добавок в шихту без предварительной обработки возможно только при их нагревании до текучего состояния. Это, в свою очередь, связано с дополнительными проблемами вследствие коррозионной опасности, а также склонности ряда вторичных материалов к активной полимеризации даже при незначительном нагреве. Последнее обстоятельство может приводить к отложениям продуктов полимеризации на внутренней поверхности трубопроводов и к их забивке. Способность утилизируемых материалов к значительному паро- и газовыделению при повышенных температурах осложняет экологическую обстановку в коксовых цехах коксохимических предприятий.

Вследствие специфических свойств ряда смолообразных вторичных продуктов, перед подачей в шихту их предварительно нейтрализуют. В настоящее время подобная нейтрализация на предприятиях Украины осуществляется главным образом содой или аналогичными реагентами. Такой технологический прием приводит к дополнительному накоплению в коксе щелочных металлов, что ухудшает его свойства.

Наиболее технологичный из реализованных в настоящее время способов дозировки смолообразных материалов в шихту разработан на ОАО «Авдеевский КХЗ». Подача смолистых материалов осуществляется в углеза-грузочный вагон посредством устройства, расположенного на верху коксовой батареи под угольной башней. В отличие, например, от подачи струей на слой шихты, перемещаемый транспортной лентой, этот способ позволяет более успешно решать перечисленные выше проблемы. Тем не менее, в настоящее время существует острая необходимость поиска других технологий утилизации вторичных смолистых материалов КХП, не связанных с образованием новых отходов.

В качестве одного из путей решения этой проблемы на некоторых предприятиях рассматривается возможность возврата смолистых материалов в каменноугольную смолу.

Провести ректификацию смолы в присутствии большего количества добавки нам не удалось из-за вспенивания жидкой фазы и ее выбросов в паровую линию. Следует отметить, что именно по этой причине подача аналогичных материалов в смолу в промышленных условиях без предварительной обработки (подготовки) практически невозможна.

В табл. 1 представлены результаты выполненной нами разгонки каменноугольной смолы с добавкой 0,5% смолистого материала - вторичного продукта КХП.

Таблица 1.

Показатели	Изменение значения показателей, абс. ед.	Изменение сернистости фракций, абс. %
Выкипает, % > в интервале, °С;		
До 180	-0,3	-0,15
180-200	-0,13	+0,04
200-230	-2,60	+0,04
230-300	+3,48	-0,10
300-360	-8,26	-0,08
360-380	-0,06	-0,07
Пек, %	+7,36	+0,137
Температура размягчения пека, °С	-21,0	

Как видно из приведенных данных, внесение добавки оказывает существенное влияние на процесс разгонки смолы - в плане изменения как выхода товарных фракций и пека, так и их качества (в частности - содержания в них серы, массовая доля которой должна быть минимальной). Прирост выхода высоколиквидного пека более чем на 7% может быть однозначно отнесен к положительным эффектам. Вероятно, добавка интенсифицирует процессы уплотнения и наращивания полимерных цепей в смоле, приводя к увеличению выхода невыкипающего остатка. Однако процессы эти протекают не глубоко - на это, в частности, указывает вызываемое добавкой значительное снижение температуры размягчения пека. Приведенные данные позволили предположить, что вторичные смолистые продукты КХП могли бы при правильном применении решить одну из проблем производства качественного электродного связующего, стоящую в настоящее время перед промышленностью Украины.

Здесь следует отметить следующее.

Плотность, а также групповой и химический состав каменноугольной смолы оказывают определяющее влияние на технологические свойства получаемого из нее пека. Исходные пеки, производимые по существующим в настоящее время технологиям дистилляции каменно-

угольной смолы, не могут непосредственно использоваться в качестве электродных материалов. Целый ряд требований, предъявляемых потребителями к этим видам сырья, вызывает необходимость осуществления специальных приемов обработки «мягких» пеков, а зачастую и исходных каменноугольных смол. Эти приемы направлены на формирование состава каменноугольного пека, способного обеспечить его технологическую применимость.

К началу 70- годов прошлого века в Украине сформировалась устойчивая тенденция к преобладанию в общем объеме производства доли смол, характеризующихся высокой плотностью и значительным содержанием высокомолекулярных фракций, в том числе - нерастворимых в хинолине веществ, т. наз. первичной α_1 -фракции. В настоящее время ситуация изменилась. Для подавляющего большинства коксохимических производств Украины характерно преобладание средне- и низкопиролизированных смол с постоянным увеличением доли последних.

В то же время существующий на Украине метод производства электродного пека (термическая обработка невыкипающего остатка ректификации каменноугольной смолы - «мягкого» пека) разрабатывался в середине прошлого века и в силу вышеизложенных обстоятельств рассчитан на получение качественного электродного связующего на основе смол средней степени пиролиза.

В нынешних условиях при осуществлении традиционной технологии производства доведение группового состава электродного пека (прежде всего, массовых долей α и α_1 -фракций - веществ, нерастворимых в толуоле и хинолине) до требуемых значений зачастую становится несовместимым с обеспечением на должном уровне остальных качественных показателей (прежде всего температуры размягчения).

Таким образом, возникла необходимость разработки технологических приемов, позволяющих осуществлять направленное формирование свойств электродного пека в процессе его производства. В частности, необходима разработка приемов, позволяющих накапливать α и α_1 -фракции и снижать выход летучих веществ при замедлении (в сравнении с действующей окислительной термообработкой) прироста температуры размягчения.

Вследствие вышеизложенного, специалисты ОАО «Авдеевского КХЗ» и Украинского углехимического института г. Харьков разработали технологию производства электродного пека с использованием в качестве модифицирующей добавки специальным образом подготовленных вторичных смолистых материалов КХП. В табл. 2 представлены свойства пеков, полученных традиционным (1) и разработанным нами (2) методами.

Как видно из приведенных данных, полученный нами образец пека (2), несмотря на меньшую температуру размягчения, характеризуется существенно большим содержанием ценной α -фракции и значительно меньшим выходом летучих веществ.

Таблица 2

Наименование показателя	1	2
Температура размягчения, °С	99,0	92,5
Массовая доля α -фракции, %	26,6	30,5
Массовая доля α_1 -фракции, %	8,2	8,1
Выход летучих веществ, %	59,4	56,0
Массовая доля золы, %	0,24	0,25
Массовая доля серы, %	0,60	0,52

Таким образом, разработанная технология одновременно решает два актуальных вопроса: улучшение качества высоколиквидного продукта и утилизации смолистых отходов коксохимических предприятий.

Исследования химического состава и свойств каменноугольных пеков, полученных с применением вторичных смолистых отходов коксохимических предприятий [1] показали их пригодность к использованию в качестве связующих материалов для производства анодной массы.

- 1 Клешня Г.Г., Чешко Ф.Ф., Питюлин И.Н., Пактер М.К., О влиянии термохимической обработки среднетемпературного пека на химический состав и структуру электродных связующих // Углекимический журнал.- 2007.- №6. С.52-59

УДК 628.5

ОАО «АВДЕЕВСКИЙ КОКСОХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД» – ВНЕДРЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГРАММ

Карагодов-Булгаков И.А.

Международная Академия Наук
Экологии и Безопасности жизнедеятельности

ОАО «Авдеевский коксохимический завод» - крупнейшее коксохимическое предприятие Европы. С 2006 года завод входит в состав Группы Метинвест, объединяющей предприятия горно-металлургического комплекса Украины. Компания определила политику в области корпоративной социальной ответственности по направлениям: корпоративное управление и этика бизнеса; условия труда; забота об окружающей среде; взаимодействие с местными сообществами; социальные инвестиции; спонсорство и благотворительность.

Днем рождения АКХЗ считается 30 ноября 1963 года, когда на коксовой батарее № 1 был торжественно выдан первый кокс. Строительство завода продолжалось без малого 20 лет. Сегодня в составе предприятия девять коксовых батарей проектной мощностью 6870 тыс. тонн кокса в год. Все батареи оборудованы установками сухого тушения кокса (наряду с мокрым тушением на батареях №№ 1–6), на которых в тушится около 60% кокса.

На заводе впервые на Украине были сооружены закрытые склады угля, состоящие из 32 силосов объемом по 2,5 тыс. тонн каждый. Применение

автоматических дозаторов, устройств для пневматического обрушивания угля в силосах позволило использовать склады в качестве дозировочных отделений для составления шихт. Для облегчения и ускорения разгрузки углей из вагонов в зимнее время работают три гаража размораживания.

Из технологических процессов на Авдеевском коксохимическом заводе впервые освоено двухступенчатое первичное охлаждение газа, бессатураторный способ производства сульфата аммония, производство фталевого ангидрида и обогащенного антрацена.

Наивысших производственных и технико-экономических показателей хозяйственной деятельности завод достиг в 1990 году. Производство кокса составило почти 90% от проектного, углеобогадательная фабрика и некоторые химические цехи работали на проектной мощности.

После 1991 г наблюдалось падение производства и проектные мощности были загружены на 20-50%.

В 1993 году с целью предотвращения падения производства завод был преобразован в открытое акционерное общество. В 1996 году производство было стабилизировано и начало увеличиваться. Одновременно начался рост заработной платы, улучшение технико-экономических показателей и финансового положения завода.

Характерной чертой АКХЗ с момента его пуска и по настоящее время является то, что в основу всех проектных решений закладывались последние достижения науки и технического прогресса. За последнее десятилетие работниками завода подано 26 заявок на изобретение и свыше 3 тыс. рационализаторских предложений, получен 21 патент, используются в производстве 15 изобретений. Самыми крупными из них являются работы по увеличению выхода и улучшению качества кокса за счет равномерности обогрева печи в зоне крайних отопительных вертикалов и использованию блочной футеровки дверей коксовых печей, которая позволила увеличить срок службы, уменьшить газование дверей, улучшить условия труда обслуживающего персонала.

После реконструкции и модернизации введены в эксплуатацию коксовые батареи №№ 1 и 2. Отличительной особенностью этих батарей является применение на двересъемных машинах устройств для подавления выбросов пыли и газа, количество выбросов во время выдачи кокса сократилось более чем наполовину. Тушительная башня оборудована каплеотбойниками. Чтобы исключить газование наверху батареи, применены гидроуплотнения крышек стояков и раструбов. Усовершенствована кладка и отопительная система батарей, что позволило на 90% сократить газование дверей, увеличить срок службы футеровки, улучшить условия труда коксовиков.

В углеподготовительном цехе № 1 введены в эксплуатацию две установки немецкой фирмы «Allied Colloids Manufacturing GmbH» по осаждению хвостов флотации и обезвоживанию концентрата с применением реагентов «Магнафлок», что позволило более чем на треть

уменьшить количество работающих вакуум-фильтров, сократить расход электроэнергии и коксового газа, улучшить чистоту технологических вод, повысить культуру производства. В апреле 2003 года пущена в эксплуатацию установка по обогащению крупнозернистых шламов с применением гидросайзеров английской компании «Gramtech Associates Ltd», дающая возможность стабилизировать и уменьшить нагрузку на флотацию, перерабатывать шлам, увеличив при этом выход концентрата на 1%, что особенно важно, учитывая дефицит коксующегося угля в Украине.

Монтаж скрубберов Вентури после первичных газовых холодильников дал возможность снизить содержание смолистых веществ и нафталина в коксовом газе, увеличить срок службы оборудования и улучшить качество сульфата аммония. Для охлаждения поглотительного масла, в одном из цехов улавливания установлены теплообменники шведской фирмы «Alfa Laval Vicarb», что значительно сократило количество теплообменной аппаратуры. Внедренные в цехах сероочистки пластинчатые холодильники серной кислоты этой же фирмы заменили громоздкие и малоэффективные оросительные и воздушные холодильники.

На заводе уделяется огромное внимание мероприятиям, связанным с охраной окружающей природной среды.

Определены цели Экологической Политики завода, в соответствии с которой ежегодно разрабатывается Программа охраны окружающей природной среды. Программа рассматривается территориальными органами Минприроды Украины и утверждается Авдеевским городским советом. Мероприятия Программы включаются в Авдеевскую городскую и Донецкую областную Программы социально-экономического развития, таким образом, влияя на улучшение экологической обстановки не только на предприятии, но и региона в целом. Программа предусматривает направления: охрана воздушного и водного бассейнов от загрязнения; рациональное использование природных ресурсов; обращение с отходами; научно-исследовательская деятельность; мониторинг; экологическое информирование и образование. Фактические затраты по Программе ежегодно составляют около 20 млн. долларов.

В декабре 2002 года в цехах сероочистки были пущены в эксплуатацию установки по очистке коксового газа от сернистых компонентов по технологии датской фирмы «Haldor Topsoe A/S», позволяющей снизить выбросы в атмосферу диоксида серы более, чем в два раза и тумана серной кислоты более, чем в пять раз, увеличить производство серной кислоты улучшенного качества, снизить потребление электроэнергии на полмиллиона кВт/час в год, сократить затраты на ремонт оборудования.

В 2006 году была завершена реконструкция коксовой батареи № 3 и продолжены работы в соответствии с «Программой реконструкции и технического перевооружения на период до 2010 года». Начата промышленная эксплуатация отделения по сгущению, обезвоживанию хвостов флотации (жидких отходов) углеобогатительной фабрики и

полностью прекращен сброс отходов в шламонакопитель, представляющий собой природную балку, перегороженную плотиной высотой 30 метров и занимающий территорию 118 гектаров.

За время работы предприятия шламонакопитель полностью исчерпал свой ресурс, а строительство нового могло решить проблему лишь ситуативно. При этом нужно было отвести новый участок земли и построить 10 метровую плотину. В результате было принято решение о строительстве экологически безопасной замкнутой системы по утилизации жидких отходов, при которой из хвостов флотации выделяется порода, вывозящаяся на породотвал, а очищенная вода возвращается в заводской технологический цикл.

Подрядчиком по строительным работам выступила компания «Донецкжилстрой», сгустители отходов поставлены Авдеевским заводом металлоконструкций, четыре фильтр-пресса были закуплены у компании «Ritterhaus & Blecher» (Германия). Инвестиции в строительство фильтр-прессового отделения составили 10 млн. долларов.

Ввод в эксплуатацию нового отделения позволил комплексно решить производственные задачи, повысить эффективность работы АКХЗ: полностью устранить угрозу остановки углеподготовительной фабрики, а также сберечь природные ресурсы, возвращая в оборотный цикл 465 м³/час производственных вод. Закрытие шламонакопителя позволит начать переработку накопившегося в нем шлама, содержащего большое количество угля, и в дальнейшем рекультивировать территорию шламонакопителя.

Продолжает реализовываться «Программа мероприятий по улучшению очистки коксового газа от сероводорода до 0,5 г/м³ и закрытию циклов конечного охлаждения», разработанная «ГИПРОКОКСОМ».

В 2006 году завод реконструировал систему конечного охлаждения коксового газа в цехе сероочистки № 2, применив экологически чистую технологию закрытого охлаждения с использованием уникального оборудования. Это позволило ликвидировать до 640 тонн выбросов химических веществ в атмосферу в год – аммиака, сероводорода, нафталина, цианистого водорода и др.

Реконструкция проведена с учетом международных стандартов в области охраны окружающей среды в рамках программы технического перевооружения.

Установка закрытого охлаждения исключила из технологической схемы непосредственный контакт газа с водой и тем самым полностью устранила попадание химических элементов в атмосферу. Основой установки стал трехступенчатый спиральный холодильник шведской компании «Альфа Лаваль» стоимостью \$ 670 тыс., созданный специально по заказу АКХЗ. Кроме улучшения экологической обстановки и роста производства, работа этой установки позволила снизить эксплуатационные затраты, а также привела к уменьшению смолистых веществ и нафталина в технологической воде. Это уменьшило нагрузку на биохимическую установку и улучшило ее показатели.

В 2008 году аналогичная работа выполнена в цехе улавливания № 1 (1-я очередь), что позволило ликвидировать еще 766 тонн выбросов химических веществ в атмосферу в год. В планах строительство такой же установки и на 2-й очереди цеха улавливания № 1.

Последние пять лет Государственная экологическая инспекция своими проверками и контрольными замерами подтверждает соблюдение установленных нормативов на источниках выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Для улучшения эффективности работы водоочистных сооружений (биохимические установки №№ 1, 2, внеплощадочные очистные сооружения) каждый год проводятся различные мероприятия: ремонт аэротенков очистных сооружений с заменой системы аэрации, ремонт ливневого бассейна № 1, ввод в эксплуатацию предаэротенков на биохимической установке № 1 и т.д. Постоянно проводятся научно-исследовательские работы, целью которых является интенсификация активного ила внеплощадочных очистных сооружений, возврат сточных вод после биохимической установки № 2 в оборотный цикл и др. Для доочистки сточных вод после очистных сооружений применяется принципиально новый для коксохимических предприятий метод – высшее водное растение – эйхорния. Родиной эйхорнии является Южная Америка, она растет, поглощая из воды азотсодержащие и органические соединения. Степень очистки воды от азотсодержащих веществ – 15-20%.

За последние годы заводом в три раза сокращено потребление свежей технической воды за счет использования очищенных сточных вод для пополнения оборотного водоснабжения.

В ходе производственной деятельности на предприятии образуется около 35 видов отходов: (порода углеобогащения (около 95%), твердые бытовые отходы, строительные отходы, футеровка, кирпич, огнеупорные растворы, недопал извести, отходы очистных сооружений, отходы от чистки дорог и территорий, обтирочные материалы, бой стекла и др.). Отмечается тенденция к снижению образования технологических отходов за счет вовлечения их в повторное производство, а также перевода в категорию попутных продуктов. Отходы технологического цикла: каменноугольные фусы, кислая смола, отработанный раствор сероочисток, смола и масла биохимустановки, кубовый остаток фталевого ангидрида, отработанная щелочь – переведены в разряд попутной продукции и полностью используются на предприятии. Часть отходов флотации также используется на заводе.

Согласно инструкции по обращению с отходами и действующим регламентам в коксовых печах утилизируются такие виды отходов, как обтирочные материалы, отработанные бумажные элементы, опилки от уборки проливов, набивка сальниковая, отходы обработки пиломатериалов, отходы электроизоляции и др.

Водный раствор участка изготовления блоков, содержащий фосфорную кислоту, утилизируется на БХУ № 1 в качестве биогенной добавки для интенсификации биохимической очистки сточных вод;

Остатки абразивных кругов и абразивно-металлическая пыль, футеровка и кислотоупорный кирпич, растворы огнеупоров, отходы строительства, ремонта и сноса зданий и сооружений, шлам известковый, образующийся в процессе обессоливания воды, недопал извести – утилизируются на полигоне ТБО в качестве вторичного материального ресурса для формирования инертного изолирующего слоя;

Отходы очистных сооружений используются на территории породного отвала и полигона ТБО в качестве материала для создания зоны биологической рекультивации;

Отработанные смазочно-охлаждающие жидкости не содержащие галогенов смешиваются со сточными водами в усреднителе в БХУ № 1 для дальнейшей очистки;

Отработанные шпалы и железнодорожный балласт, повторно используются в цехах завода.

Ряд отходов передается по договорам для утилизации специализированным предприятиям: лампы люминесцентные, остатки от чистки емкостей, технологического оборудования, цистерн, содержащие смолистые вещества, отработанная хордовая насадка, резиновые изделия и материалы, отработанные автошины, бой стекла, макулатура, ванадиевые катализаторы и др.

Текущие затраты на содержание производственных фондов природоохранного назначения составляют 70-80 млн. грн. в год. На научно-исследовательские работы в области экологии завод направляет около 300 тыс. долларов в год.

Переступив порог проходной завода, нельзя не заметить живописного живого уголка, в котором прекрасно себя чувствуют «нештатные сотрудники коксохима» – фазаны, павлины, попугаи и другие экзотические птицы. По их самочувствию можно безошибочно определить состояние экологической среды на предприятии.

На Авдеевском коксохимическом заводе уже привыкли к той реакции посетителей, которую вызывает вид территории предприятия: газоны сочно-зеленой травы, буйство цветов на клумбах, разнообразные цветущие кустарники, ухоженные тополя, березы, клены, акации. На заводе словно бросили вызов общепринятым представлениям о коксохимии и каждым своим днем доказывают, что и на экологически небезопасном производстве наносимый окружающей среде вред можно свести к минимуму.

Успех любого предприятия лишь наполовину зависит от мощностей, ресурсов и рынков. Другая составляющая успеха – наличие руководителей, умело мобилизующих коллектив на выполнение производственной программы, соблюдение технологии производства и требований,

предъявляемых к качеству продукции, обеспечению ритмичной работы и безопасному ведению работ.

Работа Авдеевского коксохимического завода по охране окружающей среды признана и на международном уровне. Специалисты Экологической комиссии ООН после проверки промышленных предприятий в Украине признали систему экологического мониторинга завода одной из лучших.

В заключение следует привести слова генерального директора – Почетного гражданина города Авдеевка, Заслуженного металлурга Украины, депутата Донецкого областного совета, доктора технических наук Геннадия Александровича Власова: «Мы твердо убеждены в одном: только экологически и социально ответственное предприятие может развиваться в современном бизнесе, поддерживая положительный имидж и находя понимание и поддержку в государственных органах и обществе».

За достигнутые успехи ОАО «АКХЗ» отмечено высокими наградами, в т.ч. Почетным дипломом Международного академического рейтинга популярности и качества «Золотая Фортуна» в номинации «Работа предприятия, как образец стабильности на рынке».

Предприятие является лауреатом Международного конкурса, отмечено званием «Золотая торговая марка» и премией «Бизнес-Олимп». Завод дважды – в 2002 г. и 2006 г. – был награжден дипломами Государственного управления охраны окружающей природной среды в Донецкой области за отличные показатели в природоохранной работе.

УДК 504.75.03

ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДОЕМКОСТИ ДЛЯ УЧЕТА ПРИ ВЫБОРЕ СПОСОБОВ ВЫХОДА СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА

Чихонадских Е.А., Карышев И.В., Спивак Д.А.

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Вопросы экономического кризиса в нашей стране не обошли стороной и такую важную отрасль как судостроение. Применение экономического показателя природоемкости рассматривается как фактор, учет которого приведет к снижению себестоимости и увеличению конкурентноспособности продукции отечественного судостроения.

При разработке принципиально нового облика отечественного судостроения необходим комплекс мер по выводу судостроительной промышленности из развивающегося экономического кризиса. Для этого важен учет всех факторов, влияющих на ситуацию, в которой на данный момент находится российская экономика.

Промышленность уже испытала крайне сильное потрясение и судостроительная отрасль – не исключение. На протяжении последних 20 лет судостроение переживает постоянный спад.

Его начало пришлось на 90-е и характеризовалось критическим сокращением выпуска судов, замораживанием производства на предприятиях, оставшихся без средств и, следовательно, массовым увольнением рабочих, балансированием большинства предприятий на грани банкротства.

Причиной произошедшей дестабилизации явилось, в первую очередь, преобразование большинства государственных предприятий в акционерные общества. Судьба их в разных местах была разной, главное то, что кроме оборонных заводов, государственных предприятий в судостроении практически не осталось. Вместе с этим прекратились и государственное вложение в отрасль, что перенесло всю тяжесть финансирования будущего развития на частный капитал. Специфика отрасли, заключающаяся в потребных огромных средствах начального капитала, делает судостроительную промышленность непривлекательной для инвестора, особенно среднего и мелкого.

Кроме того, в России разразился кризис кооперирования, когда в связи с распадом СССР и спадом в экономике были разорваны установившиеся годами кооперативные связи и предприятия-поставщики продукции для судостроения требовали за нее 100% предоплату, таким образом, судостроителям приходилось отдавать прибыль от ещё не построенного корабля. Помимо этого, доля гражданского судостроения на сегодняшний день все еще составляет только 23% общего выпуска судостроительной продукции.

Однако помимо выше перечисленных существует другая проблема. Анализ ее сейчас почти не проводится, в то время как именно с наступлением нового и, возможно, более тяжелого кризиса решение этой проблемы даст путь если не выхода из него, то снижения отрицательных эффектов, им порожденных. Речь идет о проблеме природоемкости выпускаемой отечественным судостроением продукции.

За 2007 год в России построены суда суммарным дедвейтом 650 тыс. тонн (учтены только суда гражданского назначения, в том числе находившиеся в постройке на конец года). При этом судостроительной промышленностью было потреблено 7,5 млн. тонн стали.

Согласно формуле природоемкости:

$$e_{a}^{Россия} = \frac{7,5}{0,65} = 11,54$$

Таким образом, условно говоря, на строительство судов суммарным дедвейтом 1 млн. тонн потребляется 11,54 млн. тонн стали.

Сравним этот показатель с соответствующими показателями по двум странам-лидерам мирового судостроения: давно устоявшейся в роли

судостроительной державы Корею и стремительно развивающемуся даже в период кризиса Китаю.

$$e^{Корея}_a = \frac{7,8}{74,9} = 0,10 \qquad e^{Китай}_a = \frac{5,1}{38,0} = 0,13$$

По расчетным данным наблюдается превышение отечественных показателей над ведущими странами почти в 100 раз. При высоких темпах роста цен на материалы такое различие оказывается решающим в конкурентной борьбе на мировом рынке судостроительной продукции.

Причины этого различия многообразны. Отчасти оно сглаживается тем, что отечественное судостроение в последние годы стало широко ориентировано на производство металлоемких конструкций, таких как буровые платформы, однако технологическая отсталость отрасли от зарубежных конкурентов не может не бросаться в глаза.

На сегодняшний день можно выделить два направления решения проблемы чрезмерно завышенного потребления природных ресурсов.

Первый состоит в крупном вливании денежных средств в научную базу. Судостроение – крайне наукоемкая отрасль, включающая в себя все без исключения достижения современной науки и техники. Такие вливания уже осуществляются в соответствии с Федеральной Целевой Программой Развития Гражданской Морской Техники на 2009-2012 годы, в рамках которой выделяется 200 млрд. рублей на развитие и поддержание научно-технического потенциала отрасли, однако средств все же не хватает и не наблюдается притока в научную сферу новых кадров.

Второй подход связан с концентрацией и интеграцией производства.

Концентрация — сосредоточение производства, капитала в одном месте или в одних руках, преобладание на рынке одной или нескольких фирм. При увеличении размеров и, что куда важнее, спусковой мощности верфей возможно достижение более высокой эффективности расходования материалов судна как за счет массовости производства, так и за счет увеличения размеров самих строящихся судов, так как удельный вес стали идущей на строительство при увеличении водоизмещения судна будет снижаться. Сейчас на уровне правительства одобрены проекты создания суперверфей в Кронштадте, в Выборге и на территории современной Северной верфи при объединении ее с Балтийским заводом, но до реального воплощения этих проектов еще далеко.

В последнее время при выстраивании стратегии развития предприятий приоритет отдавался стратегиям диверсификации. Диверсификация - расширение ассортимента, изменение вида продукции, производимой предприятием, освоение новых видов производств, с целью повышения эффективности производства, получения экономической выгоды, предотвращения банкротства. В рамках такой стратегии осуществляется производство буксиров на ОАО «ПО «Севмаш» и строительство буровых платформ на ОАО «Выборгский судостроительный завод». Однако диверсификация производства в условиях общей низкой

эффективности отрасли не может быть доминирующей стратегией. В качестве таковой предлагается внедрение стратегии интеграции. Интеграция – это объединение хозяйствующих субъектов, предполагающее усиление связей между ними, ведущее к их постепенному экономическому слиянию и основанное на проведении ими согласованной экономики и политики. Перспективным проектом, с этой точки зрения, представляется организация Объединенной судостроительной корпорации. Однако, несмотря на то, что указ о ее создании вышел в марте 2007 года, заметного развития интеграционных процессов в отечественном судостроении пока не наблюдается.

Таким образом, пути решения проблем отечественной судостроительной отрасли уже намечены, достаточно лишь в условиях кризиса трезво оценить текущую ситуацию и обратить внимание не только на показатели рентабельности, но и на природоемкость как фактор, учет которого также приведет к снижению себестоимости и увеличению конкурентоспособности продукции отечественного судостроения. Решение проблемы завышенной природоемкости возможно осуществить в двух направлениях. Первый состоит в крупном вложении средств в отечественную науку с целью создания опережающего задела и достижения технологического превосходства над странами-конкурентами. Суть второго – в изменении доминирующей стратегии развития и широком внедрении интеграционных процессов, как в рамках отдельных предприятий, так и отрасли в целом.

Важно подчеркнуть, что для достижения результата необходим комплексный подход. Описанные пути решения проблемы никак не могут быть реализованы по отдельности. Только рациональное сочетание государственного воздействия на научно-исследовательский и реальный сектора производства дадут результат, позволяющий говорить о возрождении российского судостроения.

1) Экология и экономика природопользования: Учебник для вузов/Под ред. проф. Э.В.Гирусова; Предисловие д-ра экон. наук Председателя Госкомэкологии РФ В.И.Данилова-Данильяна. – М.: Закон и право, ЮНИТИ, 2005. – 455 с.

2) Примаков Е.М. «Мир без России? К чему ведет политическая близорукость». – М.: ИИК «Российская газета», 2009. – 239 с.

3) Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. «Современный экономический словарь». – М.: «ИНФРА-М», 2006. – 495 с.

УДК 62-762.6

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАБОТЫ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ТОРЦОВО - САЛЬНИКОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Продан В.Д., Фокина М.С., Бородина Н.Е.

Московский государственный университет инженерной экологии

Одним из основных требований, предъявляемых к оборудованию, работающему под давлением рабочей среды, является обеспечение

герметичности его разъёмных соединений.

Нарушение герметичности не только снижает экономичность производства в результате потерь сырья и конечного продукта, но и является одним из источников загрязнения окружающей среды вредными веществами. Нарушение герметичности может стать причиной серьёзных аварий при работе со взрыво- и пожароопасными средами.

На работоспособность уплотнения влияют различные факторы. Важнейшими из них являются: свойства рабочей среды, режимы работы уплотнения, свойства материалов уплотнителя, допускаемые пределы утечки, общий срок эксплуатации.

Мой доклад посвящен исследованию рабочих характеристик новой конструкции торцово-сальникового уплотнения. В наших исследованиях мы применяли набивки «нового поколения» на основе терморасширенного графита. Одним из достоинств этого материала, по сравнению с применяемыми в настоящее время материалами для сальниковых набивок, является полное отсутствие асбестовых добавок, что повышает его экологическую безопасность.

Данные набивки обладают уникальными свойствами: выдерживают высокие температуры (до 2000 °С), устойчивы против большинства агрессивных сред, обладают высокой герметизирующей способностью.

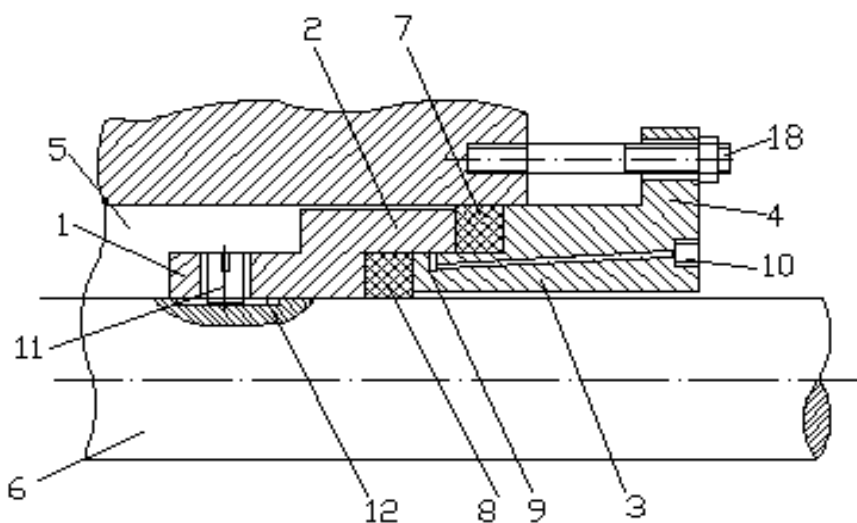
Конструкция торцово-сальникового уплотнения

Используя положительные свойства торцевого и сальникового уплотнения, на нашей кафедре была разработана и запатентована новая конструкция уплотнения торцово-сальниковая.

Эта конструкция уже прошла промышленные испытания. Но для широкого применения ее нет достаточного объема данных.

Торцово-сальниковое уплотнение представляет собой торцевое, в котором кольца пары трения выполнены из обычной сальниковой набивки и выполняют роль вторичного уплотнения относительно вала.

Общий вид (продольный разрез) исследуемого уплотнения.

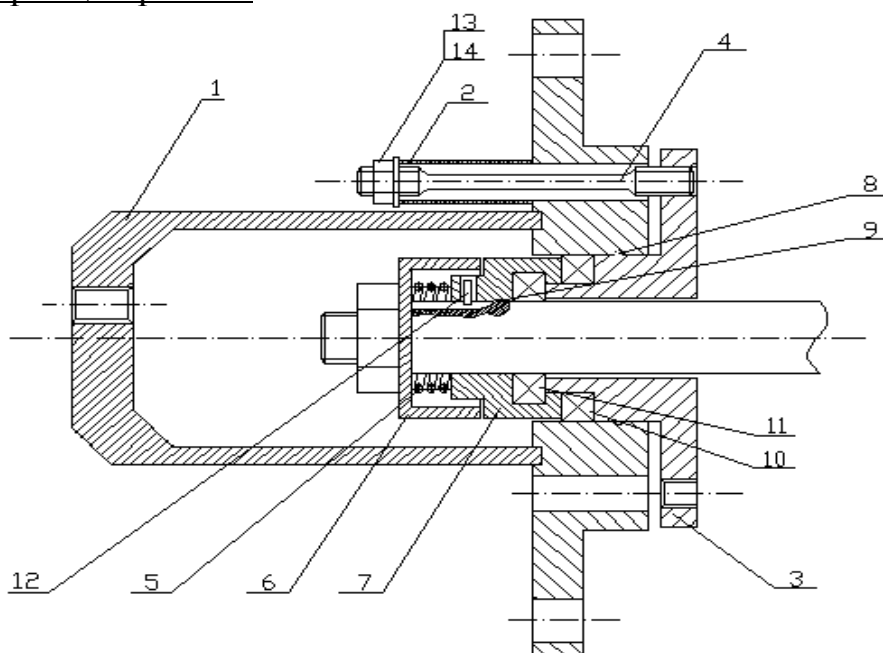


Уплотнение вращающегося вала содержит аксиально подвижный вращающийся элемент 1 с торцевым уплотняющим выступом 2. Выступ 2 размещён коаксиально относительно торцевого уплотняющего выступа 3 аксиально подвижного невращающегося элемента 4. Торцевые поверхности выступов 2 и 3, поверхности камеры 5 и вала 6 образуют кольцевые полости, в которых размещены уплотняющие элементы 7 и 8, выполненные из набивочного сальникового материала. На аксиально подвижном невращающемся элементе 4 в зоне сопряжения его с элементом 1 выполнена кольцевая проточка 9 и канал 10, связывающий проточку 9 с источником подачи смазочно-охлаждающей жидкости (не показан). Передача вращающего момента от вала 6 на аксиально подвижный вращающийся элемент 1 обеспечивается поводком 11, размещённым в пазу 12, выполненным на валу 6.

Для исследования этой конструкции торцово-сальникового уплотнения была создана экспериментальная установка.

Опытная модель торцово-сальникового уплотнения

Принцип работы

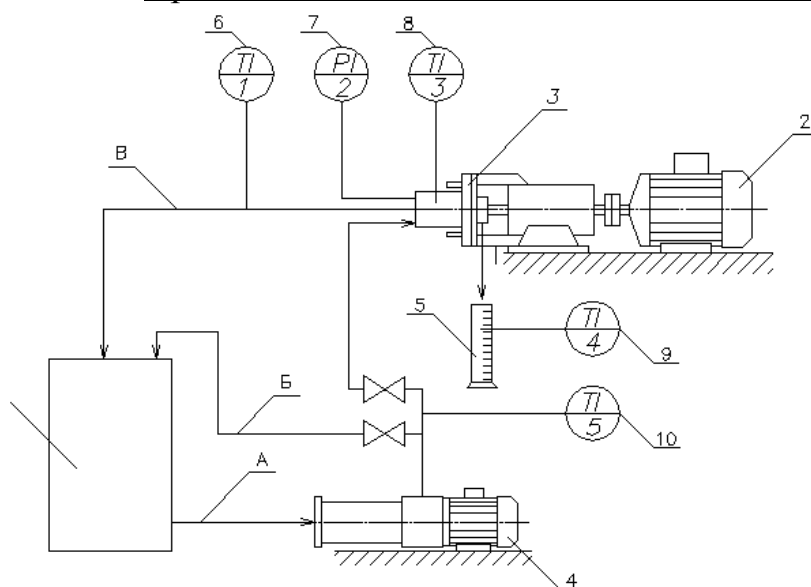


Уплотнение работает следующим образом. При вращении вала с определённой угловой скоростью может вращаться уплотняющие элементы 10 и 11. Возможность вращения этих элементов зависит от величины сил трения между вращающимся валом и этими элементами. Если сила трения в зоне контакта больше чем в неподвижной части, то происходит вращение. Предварительно элементы 10 и 11 для создания в них определённой величины напряжений и заполнения объёма кольцевых полостей нагружаются аксиально неподвижным элементом 3 с помощью крепёжных шпилек 4. Уплотняющие элементы 10 и 11 выполняют функцию вторичных уплотнений, обеспечивая герметичность сопряжения: аксиально неподвижный элемент 3 - стенка корпуса 1 и аксиально подвижный элемент 16 – поверхность вала 15.

Давление уплотняемой среды на торцевые поверхности аксиально подвижного элемента 16 обеспечивает (за счёт эффекта самоуплотнения) постоянную нагрузку на уплотняющие элементы 10 и 11 вне зависимости от степени их износа.

В разработанном торцово-сальниковом уплотнении в совокупности использованы свойства торцевых и сальниковых уплотнений, что повышает ресурс его работы, упрощает эксплуатацию и существенно снижает утечки рабочей среды, уменьшая соответственно, загрязнения окружающей среды.

Принципиальная схема исследовательской установки



1 – оборотная ёмкость;
2 – двигатель
3 – уплотнительный узел
4 – насос
5 – мерный цилиндр

6,8,9,10 – термометры
7 – манометр
А – подача воды
Б – байпасная линия
В – слив

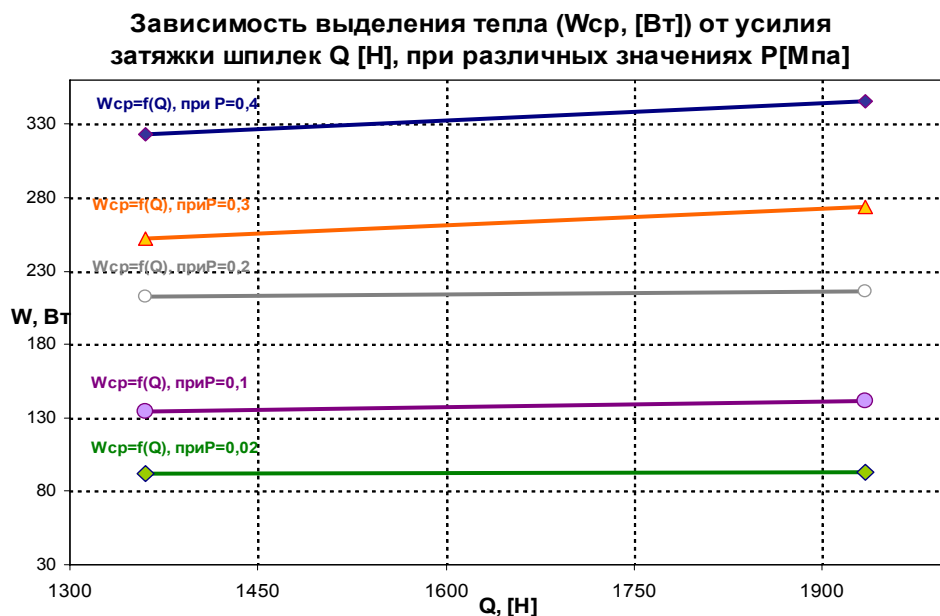
Методика проведения исследований

Установив определённое значение давления, включаем электродвигатель 2, который обеспечивает вращение вала, и начинаем подачу воды в уплотнительный узел с помощью насоса 4. Регулирование количества подачи воды обеспечивается байпасной линией. Избыток воды по байпасной линии отводится обратно в ёмкость 1. Рабочий расход воды, вытекающей из уплотнительного узла, измеряется при каждом значении давления в камере. Далее вода возвращается в цикл, поступая в обратную ёмкость. Затем создаём усилие нагружения на шпильках, обеспечивающее минимальную протечку. Крепёжные шпильки затягиваются с определённым усилием, величина которого определяется тензорезисторами, наклеенными на шпильках по показаниям тензостанции. На щите устанавливаются 4 термометра для контроля температур: рабочей среды на входе в узел, на выходе из него, температуры протечки, стенки корпуса, а также температуры окружающей среды. Объём протечки определяем при помощи мерного цилиндра.

В течение всех опытов контролируем давление рабочей среды и нагрузку на шпильках. Через каждый час проводим подтяжку шпилек. И после выхода установки на стабильный рабочий режим продолжаем проводить замеры.

По окончании опытов измеряются геометрические параметры и масса колец набивок.

По результатам экспериментов получены зависимости:



Список литературы:

1. Уплотнения и уплотнительная техника. Справочник/под общей ред. А.И. Голубева и Л.А. Кондакова: М.: Машиностроение, 1994. 2. Патент 2104433 РФ. Уплотнение вращающегося вала. Заявл. 24.04.96// БИ. 1997. 3. Продан В.Д. Техника герметизации разъёмных неподвижных соединений. М.: Машиностроение, 1991.

УДК 665.63.048

ОБЪЯСНЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ СНИЖЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МАССООБМЕННОЙ ТАРЕЛКИ

*Беляевский М.Ю., Трошкин О.А., Беляевский Д.М., Суркова Л.В.,
Гончаров Д.В., Пирожков В.А.*

Московский государственный университет инженерной экологии

При гидравлических испытаниях тарелки из посечно-сжатого листа [1] было обращено внимание на то, что в определенном диапазоне газожидкостных нагрузок сопротивление орошаемой тарелки несколько меньше сопротивления «сухой» тарелки. Нами предпринята попытка объяснить этот факт возникновением при движении газожидкостного потока на тарелке явления взаимной эжекции газа и жидкости. Полное гидравлическое сопротивление тарелки [2] включает составляющие:

$$\Delta p = \Delta p_{cm} + \Delta p_{\text{э}} + \Delta p_{ck} + \Delta p_c + \Delta p_y + \Delta p_{\sigma},$$

где Δp_{cm} – сопротивление статического слоя жидкости; $\Delta p_{\text{э}}$ – сопротивление, обусловленное взаимным обменом газа и жидкости количеством движения; Δp_{ck} – сопротивление, возникающее в процессе трения при скольжении газа вдоль границы раздела фаз; Δp_c – сопротивление, сопротивление «сухой» тарелки; Δp_y – сопротивление, обусловленное изменением кинетической энергии системы в процессе контактирования фаз; Δp_{σ} – сопротивление, силам поверхностного натяжения.

Сопротивление Δp_{cm} зависит от высоты барботируемого слоя, поэтому оно должно быть как можно меньше, чтобы избежать напрасной траты энергии на его преодоление. Его значение всегда положительно. Сопротивление $\Delta p_{\text{э}}$ влияет на интенсивность массообмена и по определению может быть величиной как положительной, так и отрицательной. Сопротивление Δp_{ck} может быть знакопеременной величиной в зависимости от соотношения скоростей движения фаз.

Сопротивление Δp_c характеризует конструктивные особенности массообменного устройства и не влияет на интенсивность массообмена. Изменяя конструкцию массообменного устройства, можно добиться, чтобы оно было как можно меньше. Эта величина всегда положительна. Сопротивление Δp_y может быть так же величиной знакопеременной [3]. Сопротивление Δp_{σ} обычно мало, и при дальнейшем анализе им можно пренебречь.

Явление взаимной эжекции на пресечно-сжатом листе возникает, когда скорость жидкости, движущейся на тарелке в горизонтальном направлении, больше скорости газа, движущегося под тарелкой. Векторы скорости газа и жидкости при этом имеют одинаковое направление. Газ, выходящий из щели и полностью смешивающийся с жидкостью, движется в смеси с жидкостью по полотну тарелки к сливному карману и освобождается от жидкости в конце тарелки.

На рисунке приведены конструкция тарелки из просечно-сжатого листа и схема движения по ней газожидкостного потока. Для первого ряда просечек, предполагая, что скорость газа в них одинакова, можно записать баланс кинетических энергий отдельных потоков вида:

$$\frac{m_{жс} w_{жс0}^2}{2} + \frac{m_г w_г^2}{2} = \frac{(m_{жс} + m_г) w_{жс1}^2}{2},$$

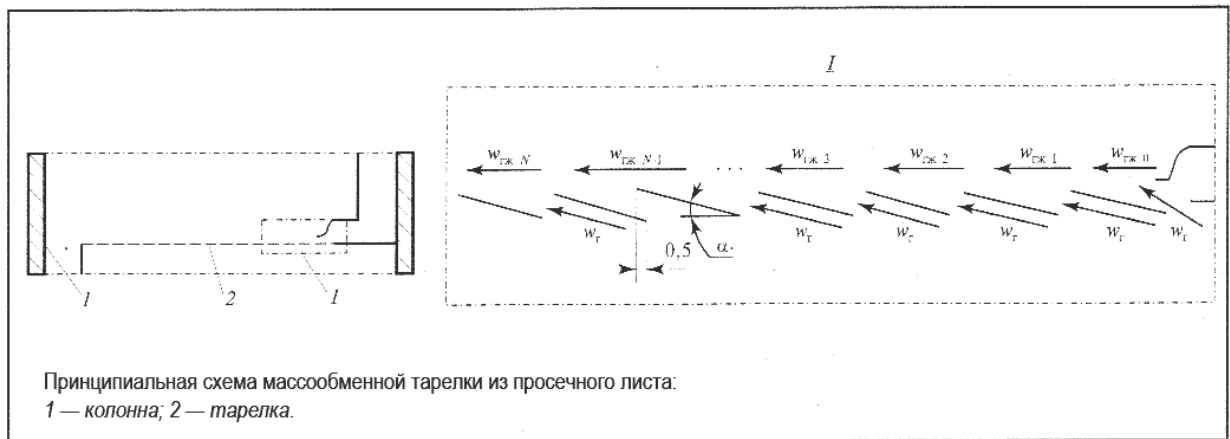
где $m_{жс}$ – расход жидкости на одну просечку тарелки, кг/с; $w_{жс0}$ – начальная скорость жидкости, выходящей из приемного кармана, м/с; $m_г$ – расход газа через одну просечку на тарелке, кг/с; $w_г$ – скорость газа,

проходящего через просечку в тарелке, м/с; $w_{жк1}$ – скорость газожидкостного потока в первом ряду просечек, м/с.

Для N-ого ряда просечек это уравнение имеет вид:

$$\frac{[m_{жк} + m_2(N-1)\cos\alpha]w_{жк(N-1)}^2}{2} + \frac{m_2 w_2^2}{2} = \frac{\{m_{жк} + m_2[(N-1)\cos\alpha + 1]\}w_{жкN}^2}{2} \quad (1)$$

где N – число рядов просечек на тарелке; α – угол ввода газа на тарелку; $w_{жк(N-1)}, w_{жкN}$ – скорость газожидкостного потока соответственно (N-1)-м и N-м рядах просечек.



Приняв без значительных погрешностей, что при $\alpha = 0-15^\circ$ $\cos\alpha = 1$, из уравнения (1) найдем:

$$w_{жкN} = W_2 \sqrt{\frac{1 + \frac{m_{жк}}{Nm_2} \left(\frac{w_{жк0}}{w_2} \right)^2}{1 + \frac{m_{жк}}{Nm_2}}} \quad (2)$$

где $m_{жк} = \rho_{жк} L_v v / M$; $\rho_{жк}$ – плотность жидкости, кг/м³; L_v – удельная жидкостная нагрузка на тарелке, м³/(м²•с); v – длина сливной планки, м; M – число просечек в ряду; $m_2 = \rho_2 V_2 / MN$; ρ_2 – плотность газа; V_2 – расход газа, проходящего через полное сечение колонны, м³/с; $w_{жк0} = \varphi \sqrt{2gh}$; g – ускорение силы тяжести, м/с²; h – высота подпора жидкости в сливном кармане, м; φ – коэффициент скорости для сливных устройств принятых форм и размеров $\varphi \approx 1,0$; $w_2 = V_2 / MNS$; S – доля свободного сечения просечки.

Скорость газожидкостного потока в N-м ряду просечек больше скорости газа в том же ряду при условии, что подкоренное выражение в уравнении (2) больше единицы. Это неравенство будет соблюдаться при

$$(w_{ж0} / w_z)^2 > 1 \text{ или } w_z < \sqrt{2gh}$$

Если высота h подпора жидкости в сливном кармане равна 0,5 м, то скорость истечения жидкости

$$w_{ж0} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,5} = 3,13 \text{ м/с}$$

В этом случае критическая скорость газа в полном сечении равна

$$w_{zs} = w_{ж0} S_z = 3,13 \cdot 0,195 = 0,61 \text{ м/с,}$$

где $S = 0,195$ – относительное свободное сечение исследуемой тарелки.

Таким образом, если скорость газа в полном сечении колонны меньше критической скорости газа w_{zs} , то жидкая фаза при движении инжектирует газовый поток, т. е. составляющая $\Delta\rho_y$ полного сопротивления имеет отрицательный знак. В этой ситуации может наступить момент, когда сопротивление орошаемой тарелки будет меньше сопротивления «сухой» тарелки.

1. **Беляевский М. Ю., Беленов Е. А. и др.** Основные характеристики массообменных тарелок из просечно-сжатого листа // Нефтепереработка и нефтехимия: НТСИС. – М: ЦНИИТЭнефтехим, 1996. – № 10.
2. **Беленов Е. А., Беляевский М. Ю. и др.** Определение составляющих скоростей газожидкостных потоков на массообменной тарелке, выполненной из просечно-сжатого листа // Нефтепереработка и нефтехимия: НТСИС. – М: ЦНИИТЭнефтехим, 1996. – № 11.

УДК 662.741.3

ОБОСНОВАНИЕ РЕГЛАМЕНТА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОГНЕУПОРНОЙ КЛАДКИ ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ

Третьяков П.В., Парфенюк А.С., Алексеева О.Е., Костина Е.Д.

Донецкий национальный технический университет, Украина

Приведено обоснование корректирования периодичности проведения ремонтно-профилактических работ по восстановлению технического состояния огнеупорных футеровок тепловых агрегатов с целью продления срока их службы, обеспечения герметичности и стабильности протекания технологических процессов на основе исследования и моделирования процесса разрушения-восстановления.

В химической промышленности, в технологических процессах производства стройматериалов, в металлургии находят широкое применение тепловые агрегаты, рабочие камеры которых футерованы различными огнеупорными материалами. И хотя режимные параметры

работы, свойства перерабатываемого сырья, протекающие тепло- и массообменные процессы различны, для большинства тепловых агрегатов можно выделить общие особенности их эксплуатации и процессов восстановления. Во-первых, это циклический характер их работы и соответственно циклическое воздействие разрушающих факторов (агрессивных рабочих сред, перепадов температур, механических нагрузок обслуживающих машин и механизмов). Второй характерной особенностью является возникновение в футеровке дефектов на определенном этапе эксплуатации, их виды и соответственно количественные параметры, которыми их можно охарактеризовать. Третье – сложность своевременного обнаружения и устранения дефектов, связанная с определенной периодичностью, длительностью технологического процесса и периодов технических остановок.

Как правило, техническое состояние огнеупорной футеровки контролируется в процессе эксплуатации периодическими осмотрами и поддерживается на требуемом уровне посредством ремонтов: горячих (без отключения агрегата от обогрева) и холодных (с отключением от обогрева и выводом агрегата из эксплуатации для полной либо частичной перекладки футеровки).

Проведение ремонтов приводит к обрыву процесса накопления повреждений, и переводу объекта либо к первоначальному состоянию, либо определенному состоянию j поврежденности, в зависимости от объема восстановительных работ и вида ремонта. Кроме того, даже условие нахождения объекта в критическом состоянии не определяет со 100% надежностью то, что такой дефект будет устранен. Используя модель, отражающую развитие дефекта [1,2], приведенные моменты и вероятностный характер протекающих процессов для обоснования периодичности проведения восстановительных работ учтены вероятностью m_j того, что дефект обнаружен и устранен в состоянии j , а также вероятностью нахождения объекта в состоянии j после i -го осмотра и ремонта. Таким образом, доля дефектов, подлежащих ремонту и фактически ремонтируемых:

$$p_r(\tau_i) = \sum_j^Z p_{\tau_i}(j) \text{ и } p_r^{(i)} = \sum_j^Z m_j^{(i)} p_{\tau_i}(j),$$

где Z – критическое состояние объекта (состояние отказа).

$m_j p_{\tau_i}(j)$ – вероятность того, что дефект выявлен в состоянии j .

Зная номер состояния дефекта, при котором его необходимо устранить ($k < Z - 1$), определяем долю дефектов, которые должны быть устранены в момент времени ϕ_i .

Для того, чтобы возобновить воспроизведение процесса роста дефектов после проведения осмотра и восстановления в момент времени ϕ_i необходимо иметь начальное распределение вероятностей $p_0^{(i)}$, которое для определенного состояния будет иметь вид:

$$p_0^{(i)}(j) = \begin{cases} p_{\tau_i}(j) + x_j^{(i)} \cdot p_r^{(i)}, & j = 1, \dots, k-1 \\ (1 - m_j^{(i)}) \cdot p_{\tau_i}(j) + m_j^{(i)} \cdot p_r^{(i)}, & j = k, \dots, Z \end{cases} \quad (1)$$

После контроля в момент времени ϕ_i процесс разрушения возобновляется с начальным распределением вероятности нахождения дефекта в определенном состоянии $p_0^{(i)}$ [2]:

$$p_{\tau} = p_0^{(i)} P^{\tau - \tau_i}, \quad \tau \geq \tau_i \quad (2)$$

где $P^{\tau - \tau_i}$ – матрица переходных вероятностей между состояниями.

Периоды осмотров и ремонта ϕ_i должны быть выбраны так, чтобы значения интегральной функции распределения времени достижения критических размеров $F_w(\tau_i; Z)$ не превосходили нормированного значения.

Используя результаты моделирования процесса развития трещин в огнеупорной кладке коксовых батарей [3], было выполнено воспроизведение процесса развития-устранения трещин в огнеупорной кладке для случаев определения периодичности проведения ремонтов.

В первом случае руководствовались техническим регламентом эксплуатации коксовых батарей, по которому производятся осмотры кладки с периодом в шесть месяцев, во втором случае для обеспечения надежности и безопасности камерных печей нормировали величину интегральной функции распределения времени достижения критической трещиной длины на уровне 0,005.

Установлено, что восстановление трещины методами горячих ремонтов эффективно производить при длине 1,4 метра [4], что соответствует состоянию дефекта $j = 648$ – состоянию, полученному при оценке параметров модели [3]. Интегральная функция распределения F_f времени достижения длины трещины $l = 1,8$ метра ($j = 670$) для кладки находим из выражения (2).

Вероятность $p_r(\tau)$ того, что дефект требует устранения:

$$p_r(\tau) = \sum_{j=648}^{670} p_{\tau}(j). \quad (3)$$

В соответствии с тем, что осмотры состояния кладки осуществляются с периодом в шесть месяцев, моменты осмотров принятые для расчетов составили $\tau_1 = 2000$; $\tau_2 = 2250$; $\tau_3 = 2500$; $\tau_4 = 2750$. Частка трещин, що підлягає усуненню в момент часу $\phi_1 = 2000$:

$$p_r^{(1)} = \sum_{j=648}^{670} m_j \cdot p_{\tau_1}(j). \quad (4)$$

Процесс роста трещин возобновляется в момент t_1 , после проведения восстановительных работ, с распределением повреждений соответствующим выражению 1. Тогда: $p_{\tau} = p_0^{(1)} P^{\tau - \tau_1}$, $\tau_1 \leq \tau \leq \tau_2$. Таким образом, функция F_f возобновляется после каждой проверки и определяет вероятность достижения трещины критического состояния. Вероятность необходимости восстановления дефектов $p_r^{(\tau)}$ находим из формулы 3, величину p_r – из формулы 4 и подобных уравнений, которые применяются

после каждого ремонта. Результаты расчетов сведены в таблицу 1. Таким образом, в момент времени τ_1 устранению подлежит в среднем 7% (табл. 1) трещин от их общего количества.

Если же руководствоваться идеей обеспечения надежности камерных печей, то ремонты кладки необходимо проводить по достижении дефектом или простенком определенного состояния, либо по достижению F_f регламентированного значения на уровне $F_f < 0,005$. В результате восстановление кладки необходимо выполнять с переменными интервалами времени. Как видно по табл. 1, выполнение условия $F_f(\tau_k) < 0,005$ после осмотра соответствующего τ_1 дает отсутствие ремонтов, а интервалы времени между осмотрами $\tau_2 - \tau_3$ и $\tau_3 - \tau_4$ составили соответственно 219 и 233 печевыдач.

Таблица 1

Параметры процессов роста трещин и их восстановления

Номер осмотра, k	Период осмотра, τ_k	ИФР времени достижения трещиной длины 1,8м, $F_f(\tau_k)$	Доля трещин требующих восстановления, $p_r^{(k)}$	$\sum p_r^{(k)}$	$p_r(\tau_k)$
При выполнении регламентов по периодичности осмотров и проведения ремонтов					
1	2000	0,005	0,213	1,426	0,074
2	2250	0,013	0,703		0,46
3	2500	0,010	0,51		0,307
4	2750	-	0,363		0,17
При нормировании $F_f(\tau_k) < 0,005$					
1	2201	0,005	0,904	1,381	0,797
2	2420	0,005	0,307		0,175
3	2653	0,005	0,17		0,137

Если сравнивать соотношения сумм $p_r^{(1)} + p_r^{(2)} + p_r^{(3)}$ для обоих случаев, то можно сказать, что полученные результаты имеют незначительную разницу, которая является результатом снижения времени между ремонтами и осмотрами. Но во втором случае вероятность достижения трещиной критической длины, как мера безопасности, обеспечена на уровне 0,005 по сравнению с первым случаем – 0,13.

Просчитав ряд возможных вариантов проведения восстановительных работ, с различными параметрами определяем наиболее подходящие в зависимости от сложившихся внешних условий. Одним из факторов данных условий, влияющих на выбор определенной стратегии

восстановительных работ, есть технико-экономические показатели различных технологий ремонта. Удельный технико-экономический показатель зависит от степени поврежденности огнеупорной кладки, известной на данный момент, либо спрогнозированной при помощи математической модели; соответственно, затрат на выполнение ремонта; возможной потери производства; длительности дальнейшего срока службы.

Таким образом, учитывая приведенные факторы обеспечивается своевременное устранение дефектов на основе прогнозирования их развития, предотвращение появления критических дефектов, снижение затрат на дальнейшие ремонты, обеспечение герметичности огнеупорной кладки и продление ее срока службы.

1. Богданов Дж., Козин Ф. Вероятностные модели накопления повреждений. – М.: Мир, 1989. – 344 с.
2. Третьяков П.В. Моделирование процесса разрушения кладки простенок коксовых батарей. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Хімія і хімічна технологія. – Донецьк, 2005. – Випуск 95. – С. 130-136.
3. Третьяков П.В., Парфенюк А.С., Костина Е.Д., Алексеева О.Е. Предотвращение и компенсация образования трещин в огнеупорной кладке – главный фактор продления ресурса тепловых агрегатов // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник научных трудов XIV международной научно-технической конференции в г. Севастополе 17-22 сентября 2007 г. В 5-ти томах. – Донецк, 2007. – Т. 4. – С. 64-68.
4. Третьяков П.В., Парфенюк А.С. Обеспечение экологической безопасности и надежности термолитных печей для переработки углеродсодержащих спекающихся масс // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник научных трудов XIII международной научно-технической конференции в г. Севастополе 11-16 сентября 2006 г. В 5-ти томах. – Донецк, 2006. – Т.5. – С. 298-302.

УДК 54-127:551.251.552.57

ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ И АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ЭКСТРАКТАХ СПЕКАЮЩИХСЯ УГЛЕЙ

Бутузова Л.Ф., Vechtel A., Шакир Ш.М., Бутузов Г.Н., Киря А.В.

Донецкий национальный технический университет, Украина
Институт физико-органической химии и углехимии НАН Украины

Методами жидкостной хроматографии и газо-хромато-масс-спектрометрии показано различие в составе экстрактов, полученных из жирных углей восстановленного и слабовосстановленного типов.

Для повышения экологической безопасности процессов переработки твердых горючих ископаемых (ТГИ) и минимального образования вредных гетероатомных веществ, прежде всего, азот-, кислород- и серосодержащих гетероциклических соединений, ароматических углеводородов различной степени полимеризации в целевых продуктах и

выбросах производства, необходима разработка научных основ этих процессов.

Экстракция является одним из самых прогрессивных методов исследования состава и молекулярной структуры ТГИ, так как позволяет выделить и исследовать растворимые в различных растворителях вещества и продукты, полученные в результате их переработки.

Цель данной работы – установление различий в составе экстрактов, полученных из спекающихся углей разных типов по восстановленности.

В настоящей работе выполнено сравнительное изучение двух пар изометаморфных углей марки Ж различных генетических типов (*a* и *b*) методами экстракции, хроматографии и газо-хромато-масс-спектрометрии. Экстракты углей в дихлорметане были получены в Dionex ASE 200 экстракторе при 75⁰С и давлении 50 бар. Затем предварительно высушенные экстракты экстрагировали смесью н-гексана и дихлорметана (80:1) с целью осаждения асфальтенов. Для выделения полярных гетеросоединений, ароматических и насыщенных углеводородов растворимые в н-гексане продукты разделяли методом жидкостной хроматографии на силикагеле. В свою очередь фракции ароматических и насыщенных углеводородов анализировали методом газо-хромато-масс-спектрометрии на спектрометре Finnigan MAT GCO. Температура процесса изменялась от 70 до 300 °С при скорости нагрева – 4 °С в минуту с изотермической выдержкой в течение 15 минут.

Полученные данные по составу алифатических и ароматических фракций исследуемых экстрактов отражены в таблице 1. Как видно из таблицы, выход дихлорметанового экстракта из углей типа *b* выше, чем из углей типа *a*. Количество асфальтенов, являющихся очень реакционноспособной частью экстрактов, выше для углей слабовосстановленного типа. Относительное содержание ароматических углеводородов выше для образцов типа *b*, что соответствует их способности формировать более спекшиеся полукоксы и коксы.

Анализируя данные ГХ-МС (табл. 2), можно заключить, что экстракты из углей восстановленного типа отличаются более высоким содержанием стеранов, гопанов (биомаркеров, т. е. соединений, соотнесенных с определенными структурными группами исходного биологического материала), дибензотиофена, дибензофурана в сравнении с экстрактами из слабовосстановленных углей. Эти данные показывают количественную разницу между выходом продуктов из разных углей, которая особенно видна для кислород-, серосодержащих компонентов и ароматических углеводородов (табл.1). Наибольшую опасность представляют полициклические ароматические углеводороды (ПАУ).

Таблица 1. Характеристика экстрактов, полученных из углей разных генетических типов

№	Тип	$C_{\text{орг}}$, вес. %	Выход экстракта (CH_2Cl_2), мг/г $C_{\text{орг}}$	Относительное содержание асфальтенов, %	Относительное содержание ароматических углеводородов, %	Относительное содержание алифатических углеводородов, %	(N+S+O), %
1	<i>a</i>	87,8	1,88	59	19	13	9
2	<i>a</i>	87,4	2,08	68	12	6	14
1'	<i>b</i>	87,3	2,43	53	24	11	12
2'	<i>b</i>	83,6	2,94	64	15	6	14

Установлено наличие корреляционной связи между содержанием органической серы и относительным содержанием биомаркеров - хопанов и стеранов (Рис.1), что свидетельствует об исключительно важной роли серы в структуре и реакционной способности углей.

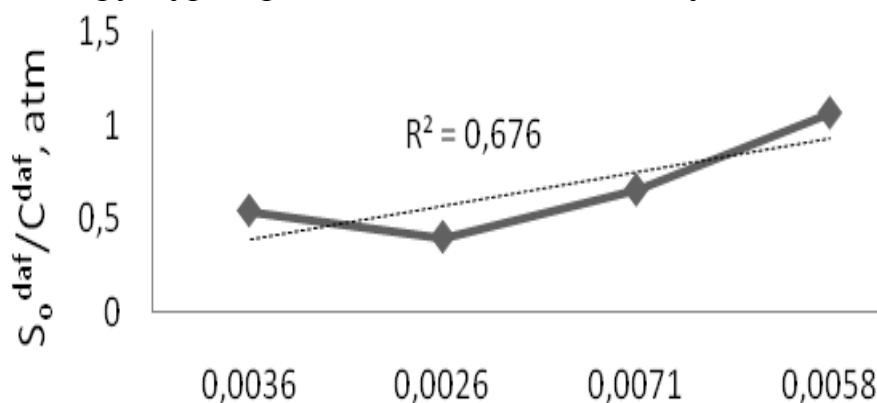


Рисунок 1. Геохимическая корреляция между $S_o^{\text{daf}}/C^{\text{daf}}$ и отношением Стераны/Гопаны (мг/г C^{daf})

Таблица 2. Результаты ГХ-МС, $\mu\text{г/г } C_{\text{орг}}$

№ пика	Идентифицированные компоненты	Образцы углей			
		1	2	1'	2'
1	Сумма n-Алканы (n-Alkanes)	8,95	4,60	8,58	8,89
2	Пристаны / n-C ₁₇	1,24	1,15	1,20	1,28
3	Фитаны / n-C ₁₈	0,40	0,78	0,57	0,82
4	Пристаны / Фитаны (Pri / Phy)*	2,73	2,12	1,78	1,46
5	C ₂₇ Стераны	0,10	0,09	0,75	0,41
6	C ₂₈ Стераны	0,09	0,05	0,35	0,11
7	C ₂₉ Стераны	0,23	0,21	1,20	0,76
8	$\alpha\beta$ Гопаны	0,57	0,47	1,85	1,24
9	$\beta\alpha$ Гопаны	0,22	0,09	0,70	0,56
10	Стераны / Гопаны	0,54	0,40	0,65	1,06
11	Дитерпеноиды (Насыщ.)	0,53	0,23	0,42	0,17
12	Дитерпеноиды (Аром.)	2,12	1,41	1,61	2,77
13	Дитерпеноиды (Насыщ.+Аром)	2,64	1,63	2,03	2,95
14	Дибензофуран (DBF)	1,83	1,92	2,23	3,89
15	Дибензотиофен (DBT)	0,83	1,01	0,94	4,95

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГО–ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аверин Е.Г., Парфенюк А.С.

Донецкий национальный технический университет, Украина

В данной статье рассматривается метод позволяющий предложить способ построения комплексного индекса характеризующего состояние ЭЭС. При построении такого индекса, будут использоваться не экспертные методы, а системные закономерности, связывающие между собой состояния ЭЭС условиями подобия при изменении индикаторов.

Города являются центрами сосредоточения хозяйственной деятельности и общественной жизни людей на Земле. С одной стороны, городская среда обеспечивает удовлетворение жизненных потребностей человека. С другой стороны, в городах проявляется наиболее негативное изменение окружающей природной среды (ОПС), которое приводит к возникновению основных экологических проблем современности. Половина человечества, в настоящее время, живет в городах. По прогнозам ООН к 2020 году 60% населения мира будет проживать на урбанизированных территориях.

Первым городом с населением в миллион человек стал Рим в 44-10 гг. до н.э. С этого времени, плотность населения в городах из века в век возрастала и сейчас достигла очень высоких значений. В Мехико плотность населения составляет 21 тысячу человек на 1 кв. км, в Нью-Йорке – 13200, в Москве – около 12500, а в Донецке – 2700. Растущие города, поглощая природные экосистемы, перерождаются в гигантские мегаполисы и урбоарелы. Они становятся источниками необратимых, не перерабатываемых природой загрязнений и недостаточно приспособлены для создания необходимых человеку природных условий проживания (чистые воздух и вода, озеленение, достаточная инсоляция, время солнечного облучения, отсутствие шума, небольшая плотность населения и т.д.)

Рост городской территории зависит от следующих основных факторов: месторасположения, прироста населения, миграции населения, развития инфраструктуры, национальной стратегии развития и от других политических, социальных и экономических факторов.

Крупной проблемой урбанизации является отсутствие стабилизации роста численности населения, постоянное расширение городских территорий. Все это приводит к исчезновению почвенно-растительного слоя Земли. Уже сейчас в ряде стран очень высок процент занятой городами территории: в Бельгии – 28%, в Англии – 12%, в Дании – 11%. Такие большие урбанизированные территории недопустимы с точки

зрения поддержания экологического равновесия между антропогенной и природной средами.

Урбанизированная территория является динамичным комплексом, которая включает природную, природно-антропогенную и антропогенную компоненты. В последнее время, важной задачей становится обеспечение экологического равновесия и сокращение негативных антропогенных воздействий на ОПС. Решение данной задачи невозможно без применения методов экологической оценки, анализа и прогнозирования изменения экологической ситуации.

Проблема комплексной экологической оценки состояния природно-промышленных комплексов достаточно сложна, так как основывается на анализе большого количества картографической информации и баз данных эколого-экономических показателей. Экологическая оценка среды жизни на урбанизированной территории включает в себя анализ состояния следующих сред и факторов: воздушного бассейна (выявления источников загрязнения и оценка опасности загрязнения среды), водного бассейна, почв (оценка санитарно-гигиенического состояния), растительного мира (оценка степени и качества озелененных территорий), животного мира (оценка видового состава), шумового режима территории (выявление источников шума и оценка уровней шума), а также вибрационного, электромагнитного и температурного воздействий на окружающую среду и т.д. Оценка указанных факторов окружающей среды необходима для принятия управленческих решений по предотвращению недопустимых уровней воздействий.

Основным направлением в настоящее время в оценке экологического состояния урбанизированных экосистем является применение методов, основанных на использовании индикаторов и индексов. Индикаторы – это численные, измеряемые значения ряда параметров экологического состояния экосистемы. Эти величины считаются обобщенными показателями, характеризующими состояние и динамику развития экосистем. Одним из важных индикаторов качества городской среды является доля площади озелененных территорий в общей площади города. Сравнительно новый экологический индикатор – это длина зеленых коридоров и площадь соединяемых ими зеленых территорий города. Существует большое количество других индикаторов оценки состояния экосистемы: индикатор эффективности использования ресурсов, индикатор доступности объектов города, индикатор состояния воздушной среды и т.д.

Индекс – это комплексный показатель, который строится на основе индикаторов, характеризующий состояние и динамику развития экосистемы.

В основе способа описания состояния экосистем с использованием экологических индикаторов и индексов лежат экспертные методы. Следует отметить, что общей теории, основанной на системных методах, для

комплексной экологической оценки состояния городских территорий на данный момент не существует.

Предположим, что для комплексной экологической оценки состояния урбоэкосистемы, применяется n индикаторов. В общем случае, перевод параметров в безразмерные величины, осуществляется по формуле (1).

$$I_i = \frac{X_i - X_{i,\min}}{X_{i,\max} - X_{i,\min}} \quad (1)$$

Обычно комплексный индекс экосистемы при экологической оценке строится на основе индикаторов в виде аддитивной суммы:

$$I = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot I_i, \quad (2)$$

где α_i – коэффициент, определяющий вес индикаторов.

При экспертных оценках α_i задается в виде фиксированных значений, что неверно, так как очевидно, что эти величины зависят от состояния экосистемы, которая определяется индикаторами I_i .

В общем случае, исходя из термодинамических методов, данная задача сводится к построению некоторого уравнения состояния для сложной эколого-экономической, или социальной системы. Другими словами, предполагается существование однозначной зависимости, связывающей между собой значение индекса экосистемы и значений индикаторов:

$$I = f(I_1, I_2, \dots, I_n) \quad (3)$$

Из функции (3), следует, что каждому состоянию эколого-экономической системы (ЭЭС), которое характеризуется определенным набором значений индикаторов I_i , устанавливается свое значение индекса I . Геометрически, это означает, что можно построить в $(n+1)$ -мерном пространстве, многомерную поверхность, где каждое состояние определяется фигуративной точкой, лежащей на этой поверхности. Поэтому любые процессы перехода ЭЭС из состояния 1 в состояние 2, будут характеризоваться линиями, соединяющие точки 1 и 2, и лежащие также на этой поверхности. Таким образом, согласно (3) каждому состоянию системы мы приводим в соответствие некоторое значение «температуры», определяя тем самым, существование некоторого уравнения состояния системы вида (3).

Известно, что если параметры системы меняются очень медленно, функция (3) может быть представлена однородной функцией вида (4):

$$I = I_1 \frac{\partial I}{\partial I_1} + I_2 \frac{\partial I}{\partial I_2} + \dots + I_n \frac{\partial I}{\partial I_n} \quad (4)$$

Для того чтобы построить линейную шкалу для изменения индекса I , необходимо задать две характерные точки в пространстве состояний ЭЭС. Будем считать, что виртуальное состояние с параметрами ($I_i = 0, X_i = X_{\min}$)

может наблюдаться на нижней границе данного пространства состояния системы. Виртуальное состояние с параметрами ($I_i = 1, X_i = X_{max}$) может наблюдаться на верхней границе данного пространства состояний системы.

Присвоим значению индекса I на нижней границе ноль пунктов, а значению индекса на верхней границе сто пунктов. Такой подход даст возможность, построить линейную шкалу индекса I , по аналогии как это делается при установлении шкал температур в термодинамике.

Таким образом, задачу построения комплексного индекса ЭЭС, мы свели к решению квазилинейного дифференциального уравнения в частных производных первого порядка с n независимыми переменными вида:

$$F(I_1, I_2, \dots, I_n, I, P_1, P_2, \dots, P_n) = 0, \quad (5)$$

Решение уравнения (5) ищется при условии, что при $I_i = 1$:

$$\frac{\partial I}{\partial I_1} + \frac{\partial I}{\partial I_2} + \dots + \frac{\partial I}{\partial I_n} = 100 \quad (6)$$

Практическое применение данного метода заключается в реализации следующего алгоритма оценки развития ЭЭС. Задаются несколько индикаторов характеризующих состояния ЭЭС в каждый момент времени, и которые подвержены изменениям. Значения данных индикаторов должны иметь возможность эмпирического определения на основе квартальных, полугодовых, или годовых статистических данных. Строится линейное уравнение вида (5) относительно величин P_i . На основе решения этого уравнения восстанавливается вид интегральной поверхности вида (3), которое представляет собой поверхность в пространстве $(n+1)$ измерений.

В настоящее время существуют методы решения уравнения (5). Соответствующая интегральная поверхность, которая представляет собой решение уравнения (5) строится в n -мерном пространстве таким образом, что в каждой фиксированной точке этого пространства имеется вектор, направляющие косинусы которого пропорциональны I_1, I_2, \dots, I_n, I . Интегральные кривые соответствующие этому полю направления вектора, определяются системой обыкновенных дифференциальных уравнений и являются характеристиками уравнения (5).

Использование данного метода позволяет предложить способ построения комплексного индекса характеризующего состояние ЭЭС. При построении такого индекса, будут использоваться не экспертные методы, а системные закономерности, связывающие между собой состояния ЭЭС условиями подобия при изменении индикаторов.

ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ НА ОАО «АВДЕЕВСКИЙ КХЗ»

¹Кауфман С.И., ¹Кирбаба В.В., ²Кныш К.Е., ²Борисенко А.Л., ²Малыш А.С.

¹ОАО «Авдеевский коксохимический завод», Украина

²Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)

В статье описаны существующие экологические проблемы и пути их решения. Перечислены внедренные и планируемые к внедрению основные природоохранные мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

В настоящее время на предприятии работает восемь коксовых батареи (КБ): № 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 КБ №4 находится на реконструкции. Предприятие является лидером коксохимической промышленности Украины, как по объемам производства, так и по внедрению новейших природоохранных технологий. ОАО «АКХЗ» является крупнейшим коксохимическим предприятием в Европе.

В состав ОАО «АКХЗ» входят:

- два углеподготовительных цеха, углеподготовительный цех №1 имеет в своем составе углеобогатительную фабрику;
- четыре коксовых цеха;
- два цеха улавливания химических продуктов коксования, в состав которой входят две биохимические установки очистки сточных вод;
- два цеха очистки коксового газа от сероводорода;
- смолоперерабатывающий цех;
- цех фталевого ангидрида (на консервации);
- пекококсовый цех;
- теплоэнергоцентр (ТЭЦ);
- вспомогательные цеха по обслуживанию и ремонту оборудования.

Характерной чертой развития АКХЗ является внедрение в производство новейших достижений отечественной и мировой науки и техники. Предприятие реализует долгосрочную программу технологического развития, что позволяет соответствовать мировым стандартам качества потребления энергоресурсов и экологии, также ведется постоянная работа по улучшению условий труда. Экономическое развитие предприятия стало основой для решения социальных и экологических проблем предприятия.

За последние годы на АКХЗ был выполнен ряд природоохранных мероприятий, которые повысили экономические показатели с уменьшением ущерба наносимого природной и социальной среде. Так на всех коксовых батареях (КБ) внедрен метод бездымной загрузки шихты с использованием гидроинжекции, что обеспечивает локализацию газов во

время загрузки шихты в камерах коксования; на КБ № 1, 2 и 3 работают мобильные установки беспылевой выдачи кокса; на всех батареях установлены газоплотные двери, видимое газование составляет не более 5%; проводится постоянная очистка печных дверей и их рам.

В обоих углеподготовительных цехах установлены вагоноопрокидыватели, складирование углей происходит на закрытых угольных складах, что предотвращает пыление углей во время хранения. Все сушильные барабаны углеподготовительного цеха №1 оснащены газоочистными установками (ГОУ), которые для увеличения эффективности работы до 2012 будут реконструированы, что позволит обеспечить достижение нормативов гранично-допустимых выбросов (ГДВ). В процессе смешения в шихту для увеличения насыпной плотности шихты могут добавляться, фусы каменноугольные и смолистые вещества.

АКХЗ первым среди коксохимических предприятий Украины внедрил технологию сухого тушения кокса. На установках сухого тушения кокса (УСТК) тушиться большая половина кокса выпускаемая предприятием, что является лучше с точки зрения качества выпускаемой продукции и позволяет значительно снизить выбросы опасных загрязняющих веществ, таких как сероводород, фенол и цианистый водород. В тоже время в значительном количестве в атмосферный воздух выбрасывается пыль и оксиды углерода. Для снижения выбросов оксида углерода и пыли на всех УСТК с 2009 по 2012 год запланирована реконструкция ГОУ с установлением системы дожигания оксидов углерода. На тушильных башнях мокрого тушения кокса № 1-4 тушение кокса осуществляется очищенной сточной водой после очистки ее на биохимической установке, тушильная башня № 1 оснащена каплеотбойниками, что в свою очередь также снижает выбросы ЗВ в атмосферный воздух.

На коксосортировке № 4 завершено строительство вентиляционной установки с очисткой выбросов от пыли в рукавных фильтрах. В коксовом цехе (КЦ) № 3 на 2012 год запланирована установка ГОУ в помещении грохотов и на перегрузочной станции конвейера 1К-Ша. 1К-Шб. 1К-Ш. В 2010 году будет проведена установка ГОУ в помещении грохотов КЦ №4, на аспирационной установке (АУ) валковых грохотов КЦ №1 и реконструкция ГОУ АУ перегрузочной станции КЦ №1.

В цехе сероочистки № 1 проведена реконструкция отделения регенерации и улавливания сероводорода, идет строительство второй очереди сероочистки для обеспечения концентрации сероводорода в очищенном коксовом газе не более 0.5 г/м^3 , что приведет к снижению выбросов диоксида серы на 2732 т/год.

В цехе сероочистки № 2 проведена реконструкция цикла конечного охлаждения коксового газа с закрытием цикла. Этот процесс происходит в закрытых аппаратах «Альфа Лаваль». В 2011 году планируется ввод в эксплуатацию второго регенератора что обеспечит содержание сероводорода в очищенном коксовом газе не более 0.5 г/м^3 , и позволит

снизить выбросы диоксида серы еще на 3051 т/год. По окончании строительства в обоих цехах сероочистки, снижение выбросов диоксида серы на ОАО «АКХЗ» составит 5783 т/г.

Для извлечения аммиака из коксового газа на предприятии применяется полупрямой без сатураторный метод, с получением сульфата аммония. После сушки сульфата аммония отходящие газы очищаются в ГОУ и выбрасываются в атмосферу.

На заводской теплоэлектростанции (ТЭЦ) установлены 10 котлов, по котлу №7 БКЗ-75-39 ведутся пусконаладочные работы. В качестве топлива на ТЭЦ используется коксовый газ для получения электроэнергии и пара. Часть произведенной электроэнергии АКХЗ передается другим потребителям. На предприятии постоянно ведется работа по увеличению количества электроэнергии продаваемой другим потребителям, в том числе близлежащим населенным пунктам и сторонним организациям. Увеличение производства электроэнергии позволит использовать избыток коксового газа и снизить его подачу на газосбросное устройство, что приведет к снижению выбросов ЗВ в атмосферу и получению дополнительной прибыли.

Проектное производство кокса 6-%-й влажности при работе четырех КЦ на полную мощность составляет 6870 тыс.тонн/год, фактическое производство кокса в 2007 году составило 3609 тыс.т кокса/год.

По результатам выполненной УХИНОм корректировки инвентаризации выбросов загрязняющих веществ с учетом проектного производства кокса количество выбрасываемых загрязняющих веществ в атмосферу составляет 33060 т от основного и вспомогательного производства, а фактическое количество выбросов загрязняющих веществ за 2007 год составило 20840 т кокса с учетом неполной загрузки оборудования.

Основными источниками выбросов загрязняющих веществ являются дымовые трубы коксовых батарей и другие топливоиспользующие установки, градирня конечного охлаждения коксового газа, неорганизованные выбросы коксовых батарей (загрузка шихты, выдача и тушение кокса).

Перечень основных загрязняющих веществ и их вклад в суммарные выбросы представлен в таблице №1.

Выполнена оценка влияния выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) на окружающую среду, которая показала что основной вклад в превышение ПДК в санитарно-защитной (СЗЗ) и жилой зонах вносит градирня конечного охлаждения коксового газа по таким веществам как нафталин, сероводород, цианистый водород и ряд источников коксового цеха, таких как дымовые трубы КБ, помещения грохотов и перегрузочные станции, которые дают превышение ПДК по пыли и оксидам азота.

Таблица №1

Наименование загрязняющего вещества	Выбросы, т/год	Вклад в общие выбросы, %
Наиболее распространенные загрязняющие вещества:		
Азота оксиды	3957,21	11,97
Серная кислота	13,90	0,04
Серы диоксид	8993,23	27,21
Сероводород	249,23	0,75
Сероуглерод	1,33	0,004
Оксид углерода	9712,08	29,38
Вещества в виде твердых взвешенных частиц	8616,22	26,06
Опасные загрязняющие вещества:		
Цианистый водород	211,98	0,64
Бензол	437,04	1,32
Ксилол	5,14	0,02
Толуол	0,30	0,001
Нафталин	377,94	1,14
Тетрахлорэтилен	6,31	0,02
Фенол	20,74	0,06
Ангидрид малеиновый	23,81	0,07
Ангидрид фталевый	115,80	0,35
Пиридин	5,05	0,02
Другие загрязняющие вещества:		
Аммиак	243,57	0,74
α-Нафтахион	20,37	0,06
Сольвент нафта	4,96	0,02
Уайт-спирит	6,85	0,02
Углеводороды насыщенные	34,05	0,10

УХИНОм разработаны обосновывающие документы для получения разрешения на выбросы ЗВ, в которых был предложен к внедрению целый ряд природоохранных мероприятий, которые на данном этапе развития являются наиболее эффективными, с точки зрения снижения выбросов ЗВ от коксохимических предприятий. К этим технологиям относятся:

реконструкция цеха сероочистки с внедрением двухступенчатого метода очистки коксового газа от сероводорода, что позволит снизить выбросы диоксида серы и обеспечить ее концентрацию в отходящих дымовых газах не более 500 мг/м³.

закрытие всех (3) циклов конечного охлаждения коксового газа, что позволит снизить выбросы аммиака, сероводорода, цианистого водорода, нафталина и бензола в атмосферный воздух.

Кроме того, УХИНОм совместно с ОАО «АКХЗ» были разработаны мероприятия для достижения установленных законодательством Украины

нормативов выбросов, и снижения ПДК в санитарно-защитной и жилой зонах. К этим мероприятиям относятся:

- Реконструкция ГОУ сушильных барабанов углеподготовительного цеха №1;
- Реконструкция трубчатой печи смолоперерабатывающего цеха;
- Реконструкция ГОУ, свечей сброса избыточного теплоносителя, с установлением системы дожигания оксидов углерода;
- Установка ГОУ в помещениях грохотов и на перегрузочных станциях;
- Внедрения пылеподавления при погрузке кокса в вагоны;
- Усовершенствование процесса сухого тушения кокса с ликвидацией свечей форкамер;
- Реконструкция аспирационной системы ГОУ перегрузочной станции УСТК – 1;
- Установка системы сбора и охлаждения выбросов с пропарки цистерн;
- Подключение хранилищ и емкостей в коллекторную систему с подачей выбросов в газопровод прямого коксового газа;
- Установка дыхательных клапанов.

Предприятие ОАО «АКХЗ» продолжает развиваться, и на 2012 запланирована реконструкция КБ №8, 9 с гарантированным достижением ГДВ из дымовых труб КБ. При этом будет внедрен комплекс природоохранных мероприятий и осуществлена реконструкция существующего оборудования и замена его на более современное практически во всех основных производственных цехах.

На 2014 год на всех дымовых трубах КБ запланировано внедрение непрерывного мониторинга выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) по оксидам азота и оксиду углерода. Что позволит более точно проводить регулировку системы обогрева КБ, для снижения выбросов ЗВ в атмосферу.

Оценка влияния выбросов ЗВ на окружающую среду, после внедрения всех природоохранных мероприятий показала отсутствие превышений ПДК на границе СЗЗ, а максимальная концентрация долей ПДК в ближайшей жилой зоне не будет превышать 0,6 ПДК.

Весь комплекс работ по охране окружающей среды, планируемый к внедрению на ОАО «АКХЗ» позволит значительно улучшить экологическую обстановку на предприятии и полное соблюдение санитарно-гигиенических нормативов в атмосферном воздухе на границе СЗЗ и за ее пределами.

**КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ
МИКРООРГАНИЗМОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА С ЗАДАНЫМИ
СПЕКТРАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Мальцевская Н.В.

Московский государственный университет инженерной экологии

Всё шире распространяется использование светоэмиссионных диодов (полупроводниковых источников света) в различных отраслях промышленности. Благодаря ряду положительных черт – прочность, низкое удельное энергопотребление, возможность получения любого заданного цвета излучения, применение светодиодов в биотехнологии является перспективным, в том числе и при культивировании фоторофных организмов.

Объектом исследований была выбрана модельная культура для изучения фотосинтеза – зелёная микроводоросль *Chlorella sp.*, используемая в очистке сточных вод, для регенерации воздуха, в целях получения пищевых и кормовых добавок и т.д.

Проведены эксперименты для сравнения интенсивности роста при различных спектрах освещения. Микроорганизмы культивировали на чашках Петри с применением однотипных светодиодных источников света с равным энергопотреблением. В качестве контрольного осветителя использовался светодиодный источник белого цвета, а для проведения исследований применялись три цветных: красный (625 нм), зелёный (525 нм), синий (470 нм). Цвета осветителей были выбраны, руководствуясь принципом стандартной цветовой модели RGB (КЗС). При смешении всех трёх цветовых компонентов, можно получить любой цвет, в том числе белый.

Культивирование с применением светодиодного освещения проводилось на чашках Петри в течение 5 (рис.1), 10 (рис.2), и 15 (рис.3) суток. После анализа данных, полученных в ходе опытов, был сделан ряд выводов:

- 1) наиболее продуктивным является применение зеленого (525 нм) и красного (625 нм) цвета освещения;
- 2) для более продуктивного культивирования биомассы можно рекомендовать монохроматические полупроводниковые источники света (цветные светодиоды);
- 3) благодаря применению полупроводниковых источников света, вследствие их вышеперечисленных особенностей, достигается снижение затрачиваемой энергии на освещение для культивирования фототрофов до 10 раз.

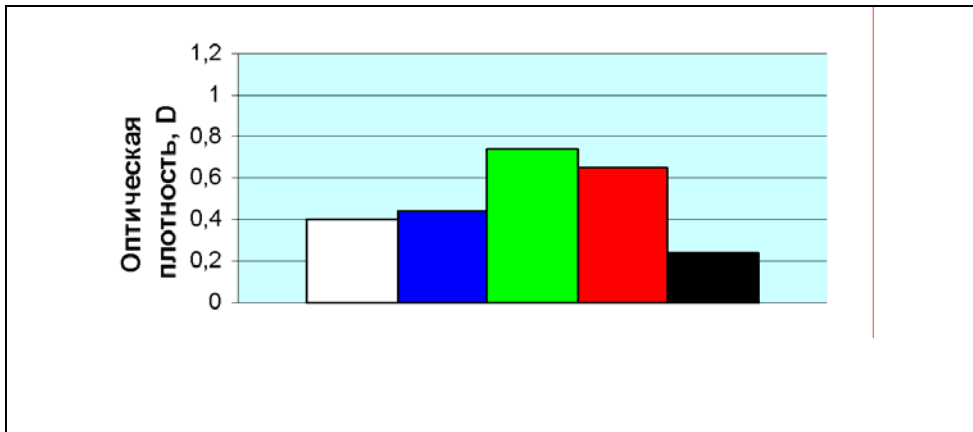


Рис.1. Влияние цвета света на рост микроводорослей. Рост в течение 5 суток.

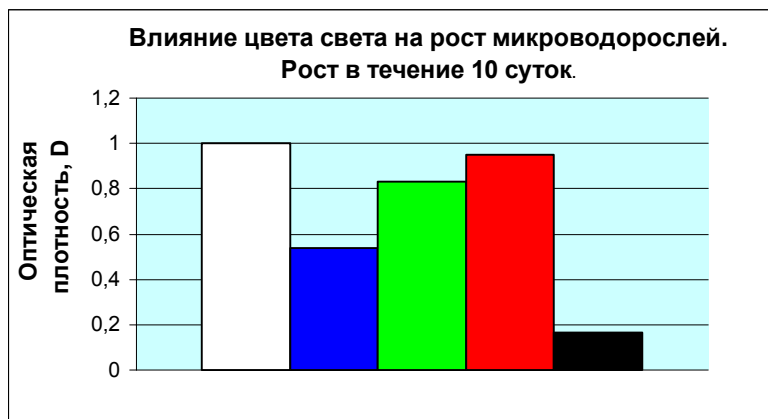


Рис. 2

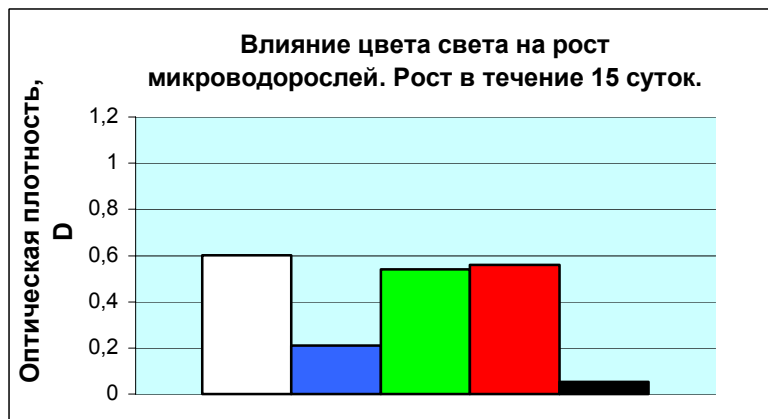


Рис.3

Осветитель белого цвета, 3200 К.	
Осветитель синего цвета, 470 нм.	
Осветитель зелёного цвета, 525 нм.	
Осветитель красного цвета, 625 нм.	
Посевной материал	

О ДИНАМИКЕ ОБРАЗОВАНИЯ РАЗНЫХ ВИДОВ ОКСИДОВ АЗОТА В ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КОКСОВОЙ БАТАРЕИ

Фидчунов А.Л.

Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)

В работе получены данные по динамике образования термических, топливных и быстрых оксидов азота в отопительной системе коксовой батареи в течение периода коксования. Установлены соотношения между всеми видами оксидов азота, обеспечивающие возможность количественной оценки экологической эффективности решений, направленных на снижение образования оксидов азота в отопительной системе коксовой батареи.

Выбор оптимальных решений задачи снижения выбросов дымовыми трубами коксовых батарей оксидов азота должен основываться на установленных соотношениях между разными видами оксидов азота, образующихся в отопительной системе в течение периода коксования.

Оценка доли каждого вида оксидов азота в продуктах сгорания коксовой батареи получена на основании анализа данных по динамике образования оксидов азота в отопительных каналах [1] и базировалась на следующих положениях:

1. Образование быстрых оксидов азота наблюдается только в пламенах углеводородов вида C_mH_n и содержание этих оксидов азота в продуктах сгорания природного газа, практически полностью состоящего из указанных углеводородов [2], не превышает $100 - 120 \text{ мг/м}^3$ и не зависит от температуры и коэффициента избытка воздуха [3].

2. Оценка динамики по периоду коксования ресурса быстрых оксидов азота в продуктах сгорания отопительного коксового газа получена на основании соотношения долей углеводородов вида C_mH_n между природным и отопительным коксовым газом при учете величины прососов неочищенного коксового газа в отопительную систему.

3. Оценка ресурса термических оксидов азота получена интерполяцией и экстраполяцией расчетных данных влияния температуры и коэффициента избытка воздуха b на образование термических оксидов азота [1].

4. Оценка ресурса топливных оксидов азота получена по разнице между общим их количеством и суммой термических и быстрых оксидов азота.

Результаты такой экспертной оценки динамики ресурса всех видов оксидов азота в продуктах сгорания из отопительных каналов с разной герметичностью кладки греющей стенки (разной величиной прососов) представлены графиками на рисунке и в таблице 1.

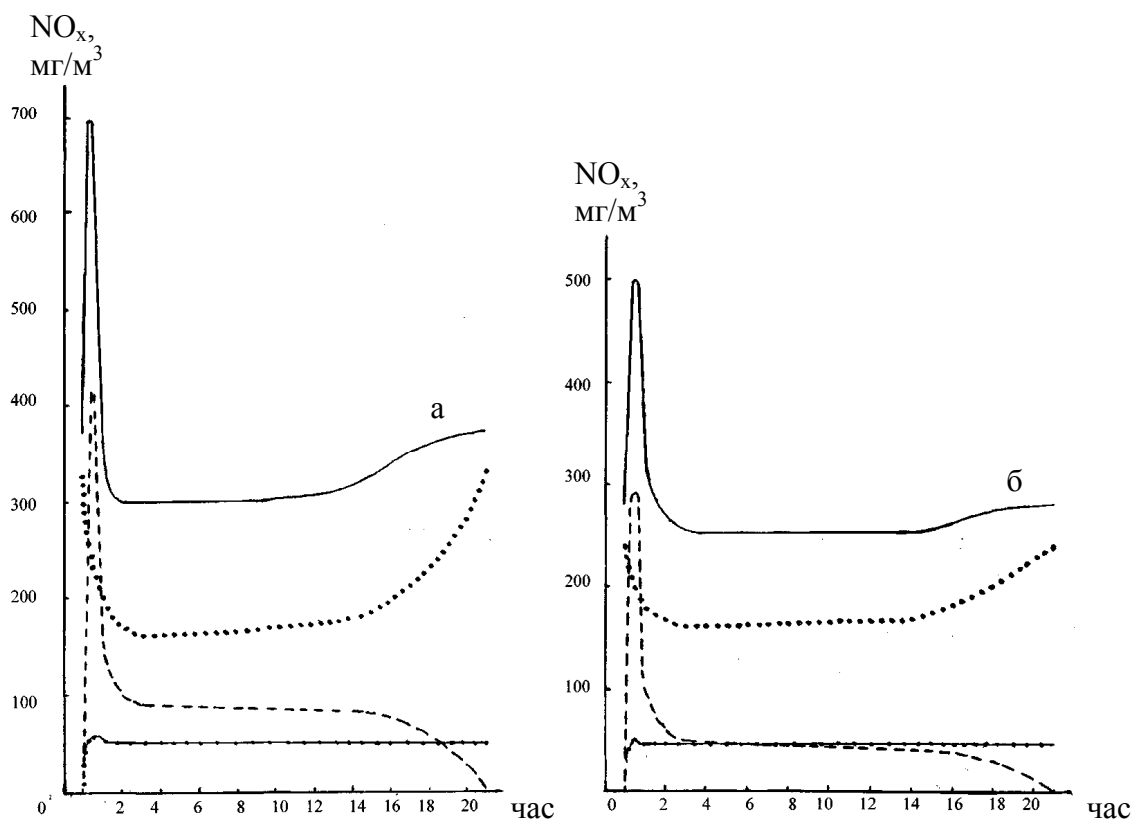


Рисунок. Динамика ресурса разных видов оксидов азота в продуктах сгорания из отопительных каналов с разной герметичностью кладки.

« ————— » - сумма всех видов оксидов азота при замере;

« » - термические оксиды азота;

« - - - - - » - топливные оксиды азота;

« ●●●●● » - быстрые оксиды азота.

Анализ этих результатов позволяет выделить три этапа периода коксования, характеризующиеся своими количествами и соотношениями для оксидов азота всех видов.

В первые три часа периода коксования (этап 1) наблюдается очень быстрый (~ к 20 минуте после загрузки печи шихтой) рост образования топливных оксидов азота и общего их количества до максимального их уровня и последующее (менее быстрое) уменьшение к концу этапа. Доля топливных оксидов азота приближается к доле термических и при недостаточной герметичности кладки может достигнуть ~ 50% от общего их количества.

Таблица 1. Экспертная оценка ресурса разных видов оксидов азота в продуктах сгорания крайнего простенка.

Вид оксидов азота	Доля каждого вида оксидов азота (%) в общем их количестве на этапах			
	Этап 1	Этап 2	Этап 3	Среднее за период коксования
Термические	45/51 ⁵	55/64	72/75	59/66
Топливные	44/35	29/16	14/8	26/16
Быстрые	11/14	16/20	14/17	15/18

⁵ В знаменателе представлены данные по вертикалу 25 (график б), визуальный осмотр которого не обнаружил видимых прососов неочищенного коксового газа. В числителе – данные по вертикалу 15 (график а) с задымленным факелом и видимым потоком дымовых газов в перевальном окне, т.е. с существенно большими, чем у вертикала 25 прососами.

Второй этап (4 – 14 часы периода коксования) характеризуется практически постоянным ресурсом в продуктах сгорания топливных и быстрых и незначительным увеличением ресурса термических оксидов азота.

В последнюю треть периода коксования (этап 3) наблюдается рост общего содержания оксидов азота, увеличение содержания термических и уменьшение до нуля содержания топливных оксидов азота.

В течение периода коксования происходит увеличение доли термических и снижение доли топливных оксидов азота. Содержание в продуктах сгорания «быстрых» NO_x остаётся практически постоянным.

Приведенные в таблице соотношения количеств оксидов азота разных видов получены из приведенных на рисунке графиков характерных для отопительных каналов крайнего простенка, в котором на их образование влияет одна крайняя камера коксования.

В массовых простенках на образование оксидов азота оказывают влияние две примыкающие к простенку камеры коксования, загрузка шихты в которые осуществляется поочередно с интервалом примерно равным половине периода коксования. Поэтому в массовых простенках с таким же интервалом должны наблюдаться короткие (до 20 минут) периоды пикового увеличения образования оксидов азота за счет увеличения топливных NO_x , обусловленными большими прососами из свежезагруженной камеры.

Ресурс топливных оксидов азота в массовых простенках должен быть большим, чем в крайнем, поскольку обеспечивается суммой прососов неочищенного коксового газа из двух камер коксования. При одинаковой герметичности обеих греющих стенок простенка ориентировочной оценкой ресурса топливных оксидов азота может служить удвоенная их концентрация в крайнем простенке. Следовательно, мерой увеличения ресурса всех видов оксидов азота в массовом простенке может служить ресурс топливных оксидов азота в крайнем простенке.

Проведенная с учетом этих моментов корректировка данных таблицы 1 дала экспертную оценку ресурса всех видов оксидов азота (таблица 2) в продуктах сгорания массовых простенков. Данные таблицы 2 позволяют оценить экологическую эффективность мероприятий, направленных на уменьшение выбросов оксидов азота с дымовыми газами коксовых батарей.

Так, перевод батареи на обогрев доменным газом, в котором отсутствуют горючие компоненты «ответственные» за образование быстрых оксидов азота (C_mH_n) [2], позволит уменьшить концентрацию оксидов азота в сбросе на дымовую трубу на 12-16%, даже без учёта снижения концентрации термических оксидов азота за счёт меньших избытка воздуха ($b \sim 1,25$ против 1,5 при обогреве коксовым газом) и температуры факела горения.

Таблица 2. Экспертная оценка ресурса разных видов оксидов азота в продуктах сгорания массовых простенок.

Вид оксидов азота	Доля каждого вида оксидов азота (%) в общем их количестве на этапах			
	Этап 1	Этап 2	Этап 3	Среднее за период коксования
Термические	37/43 ⁶	37/50	63/68	46/55
Топливные	54/45	50/33	25/16	42/29
Быстрые	9/12	13/17	12/16	12/16

Устранение перетоков сырого коксового газа в отопительную систему, обеспечиваемое системой регулирования давления в камере коксования [4], и практически полностью подавляющее процесс образования топливных оксидов азота, уменьшит концентрацию оксидов азота в сбросе на дымовую трубу ~ на 30 – 40%.

Выводы.

1. Получены данные по динамике образования термических, топливных и быстрых оксидов азота в отопительной системе коксовой батареи в течение периода коксования.
 2. Установлены соотношения между всеми видами оксидов азота, обеспечивающие возможность количественной оценки экологической эффективности решений, направленных на снижение образования оксидов азота в отопительной системе коксовой батареи.
1. Васильев Ю.С. Влияние технологических факторов на механизм образования оксида азота при обогреве коксовых печей. / Васильев Ю.С., Фидчунов А.Л., Шульга И.В. // Углекимический журнал. – №1-2. – 2004. – с. 37 – 42.
 2. Гресс Л.П. Охрана окружающей среды при сжигании топлива. Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2002. – с.104.
 3. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива./ Сигал И.Я. – Л: Недра, 1988. – 312 с.
 4. Fisher R. Environmental control of European coke plants at the beginning of the 21st century. / R. Fisher, M. Hein // Proceeding of the 4th European Coke and Ironmaking Congress, June 19-22. – 2000. – Paris. – p. 543 – 546.

⁶ Числитель – простенок с неудовлетворительной герметичностью камеры греющих стенок. Знаменатель – простенок с хорошей герметичностью кладки греющих стенок.

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ – ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ КОКСОХИМИИ

Гребенюк А.Ф., Дедовец И.Г.

Донецкий национальный технический университет, Украина

Коксохимические предприятия являются крупными источниками вредных газов, паров и пыли, загрязняющих атмосферу. Хотя их доля в общих выбросах в последние годы заметно снизилась благодаря совершенствованию оборудования и технологических режимов работы, все же они оказывают негативное влияние на экологическую обстановку в прилегающих населенных пунктах. Большая часть вредных выделения приходится на коксовые печи, что обусловлено периодичностью их работы, несовершенством систем загрузки угольной шихты и выгрузки готового кокса. Значительное количество вредных атмосферных выбросов связано с работой башен сухого тушения кокса и градирен конечного охлаждения коксового газа.

Основными источниками вредных выбросов на КХЗ являются коксовые печи. Большая часть этих выбросов связана с операциями загрузки шихты и выгрузки кокса, т.е. обусловлена периодичностью процесса. Подобная ситуация складывается также при выдаче кокса. Падая в пустой вагон, кокс нагревает содержащийся в нем воздух до 600-800 °С и вытесняет его. Образующийся восходящий поток уносит большое количество пыли и газов в атмосферу.

Предложенные до настоящего времени устройства для бездымной загрузки шихты и беспылевой выдачи кокса требуют больших затрат и не обеспечивают должного эффекта.

Кардинальное решение этой проблемы может быть обеспечено при коксовании угля в периодически продвигаемом слое, когда загрузка шихты производится отдельными порциями через определенные интервалы времени, а соответствующее количество кокса выталкивается из камеры с той же частотой.

Одна из первых попыток реализации такой технологии была предпринята Волнянским М.Л. (авт. свид. №195139 от 31 августа 1936 г.). Горизонтальные коксовые камеры снабжены с машинной стороны форкамерами с пневматическими толкателями для периодического задвигания угольного пирога и камерами для охлаждения кокса с другой стороны. Стены последних образованы чугунными панелями с каналами для охлаждающей воды. Этот проект не мог быть реализован потому, что из-за прилипания пластического слоя к стенкам камеры требовались огромные усилия для проталкивания углекоксовой загрузки. С этой

проблемой столкнулись позднее специалисты кафедры МАХП и АКХЗ при испытании опытной установки для непрерывного коксования угля. Как известно, проблема эта не была решена, и поэтому разработка процесса была прекращена.

Значительно дальше продвинулись в решении этой задачи специалисты УХИНа, разработавшие конструкцию вертикальных печей для непрерывного коксования. Снизу каждая камера коксования дополнена камерой охлаждения кокса инертными газами. Охлаждаемый кокс выгружается небольшими порциями на конвейер, благодаря чему выделение сокращается до минимума.

К недостаткам вертикальных печей УХИНа следует отнести большую высоту сооружения и связанное с этим увеличение расхода металлов и стоимости, сложность системы каналов для отвода летучих продуктов коксования и системы каналов для циркуляции инертных газов в зоне тушения, неизбежность смешивания последних с летучими продуктами коксования.

Кафедрой ХТТ предложена конструкция горизонтальных печей для коксования угля в периодически продвигаемом слое, снабженных камерами для охлаждения кокса. Трамбованный пирог длиной $1/2 - 1/3$ длины камеры коксования заводится через горловину с уплотняющими устройствами. При этом соответствующее количество кокса выгружается из камеры охлаждения на рампу. Стенки камеры охлаждения образованы вертикальными трубными пучками котла-утилизатора. Охлаждение кокса происходит путем теплопроводности и лучистого переноса к охлаждающим стенкам. Отсутствие системы циркуляции газового теплоносителя значительно упрощает оборудование печей.

Недостатками этих печей являются сложность системы загрузки и герметизации коксовых камер с машинной стороны, а также вероятность разрушения углекоксового пирога при проталкивании.

Из анализа вышеизложенного следует, что наиболее перспективной конструкцией коксовых печей с точки зрения надежности решения экологических и технологических проблем могут быть вертикальные печи УХИНа для непрерывного коксования, в которых вместо камер тушения кокса инертными газами будут установлены котлы-утилизаторы, трубные пучки которых выполняют роль теплосъемных панелей, получивших применение в камерах сухого тушения фирмы «Карл Стил» и ВУХИНа. Как показывают расчеты, с их помощью температура кокса снижается до $600-550\text{ }^{\circ}\text{C}$. Окончательное охлаждение его до $100-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ может производиться путем дозированного распыления воды на конвейерах, транспортирующих кокса из-под печей на рампу или сборный конвейер.

В целях улавливания химических продуктов наиболее крупными источниками вредных выбросов являются градирни конечного овладения коксового газа. На большинстве заводов для охлаждения газа применяются полочные или насадочные скрубберы. При контакте газа с водой последняя загрязняется цианистым водородом, сероводородом,

нафталином и другими компонентами коксового газа. При последующем охлаждении оборотной воды КХГ в градирне большая часть этих компонентов десорбируется воздухом и выбрасывается в атмосферу.

Практика показывает, что возможны два пути решения этой проблемы:

- закрытие цикла оборотной воды КХГ, то есть охлаждение ее в кожухотрубчатых, пластинчатых или спиральных теплообменниках технической водой;

- охлаждение газа технической водой в холодильниках косвенного действия, то есть путем теплообмена через разделяющие стенки.

К недостаткам схемы конечного охлаждения с закрытым водным циклом следует отнести необходимость установки дополнительного оборудования – водяных теплообменников и насосов для подачи технической воды, а также связанное с этим увеличение расхода электроэнергии. Кроме того, наличие промежуточного теплоносителя между коксовым газом и технической водой (оборотной водой КГХ) обуславливает потерю температурного напора и повышение температуры газа на 3-5 °С.

Более простым и эффективным решением проблемы загрязнения атмосферы в отделении конечного охлаждения газа представляется применение газовых холодильников косвенного действия.

Известно применение газовых холодильников с горизонтальными трубами для конечного охлаждения газа на заводе в Ньюпорте (Англия). Устойчивая работа холодильников обеспечивалась при орошении межтрубного пространства смолой для удаления отложений нафталина. Имеется также опыт применения для этой цели холодильников с горизонтальными трубами конструкции Гипрококса на Мариупольском КХЗ. Однако широкого применения такие холодильники не получили из-за громоздкости, сложности конструкции и неудобства обслуживания, большого расхода охлаждающей воды, большого расхода охлаждающей воды.

Кафедрой ХТТ предложено использовать для конечного охлаждения газа стандартные кожухотрубчатые теплообменники, устанавливаемые горизонтально один над другим и соединенные между собой последовательно по газу и воде.

В таких секциях газ движется по межтрубному пространству сверху вниз, а охлаждающая вода по трубам снизу вверх. Выбирая соответствующие диаметр и длину теплообменников, а также число ходов в трубном пространстве, можно обеспечить активный гидродинамический режим движения теплоносителей и высокую интенсивность теплообмена. Число параллельно работающих секций определяется расходом газа. Такая компоновка теплообменников позволяет поддерживать оптимальный режим охлаждения газа при колебаниях его расхода, а также обеспечивает возможность отключения любой секции при необходимости ремонта или чистки.

Важны вклад в улучшение экологической обстановки на коксохимических предприятиях дает замена мокрого тушения кокса сухим. Однако широкому распространению этого процесса препятствуют громоздкость установок сухого тушения кокса и большой расход электроэнергии на циркуляцию инертных газов. В значительной мере эти недостатки обусловлены низкой интенсивностью теплообмена в промышленных камерах. Как показывает анализ, коэффициенты теплоотдачи в промышленных камерах в 1,5 - 2 раза меньше чем в экспериментальных.

Основной причиной снижения интенсивности теплообмена в промышленных камерах является неравномерное распределение потоков кокса и газа по их сечению.

На кафедре ХТТ разработано распределительное устройство, которое состоит из опорных балок Л-образной формы расположенных параллельно в двух горизонтальных плоскостях с зазорами 400-500 мм, причем нижний ряд балок смещен на полшага по отношению к верхнему. Для регулирования скорости движения кокса под нижними балками установлены поворотные шиберы, перекрывающие частично или полностью зазоры между балками. Инертный газ подводится из кольцевого канала в пространство под каждой балкой и равномерно распределяется в слое кокса.

Проведенные нами исследования структуры потоков кокса в лабораторной модели показали, что около 90% кокса выходит из камеры в интервале 0,85-1,1 от среднего времени пребывания, что свидетельствует о достаточно равномерном движении его, близкому к режиму полного вытеснения.

Заметная доля в объеме вредных выбросов в цехах улавливания химических продуктов приходится на аппаратуру для охлаждения коксового газа и очистки его от бензольных углеводородов, сероводорода и других компонентов. Поэтому интенсификация процессов с целью уменьшения размеров и количества аппаратов имеет важное значение как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Кафедрой ХТТ разработан тепломассообменный аппарат с перекрестно-противоточным движением фаз, представляющий собой вертикальную колонну с сегментными полками, в которой пространство между полками заполнено регулярной насадкой из перфорированных или просечно-вытяжных листов, сложенных в пакеты с горизонтальными каналами для прохода газа. Жидкость равномерно распределяется через отверстия в каждой полке по поверхности насадки и стекает с одних листов на ниже расположенные, а газ движется между полками по зигзагообразной траектории снизу вверх.

Интенсификация процессов в таком аппарате достигается за счет увеличения скорости газа до 4-5 м/с, равномерного перераспределения жидкости на каждой полке по сечению насадки, увеличения и непрерывного обновления поверхности контакта фаз вследствие

многократного диспергирования жидкости при движении через отверстие в листах насадки.

УДК 504.064.4

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ В УСТАНОВКАХ

Молчанова И.В., Константинова Т.Н.

«МАТИ» - Российский государственный технологический университет
имени К.Э. Циолковского

Разработанная технология экологически чистого уничтожения органосодержащих твердых отходов (ЭЧУТО) предназначена для того, чтобы с помощью маломасштабных установок (модулей) решить проблему экологически чистого уничтожения различных материалов прямо в местах их накопления, вместо дорогостоящего и опасного с точки зрения экологии депонирования на полигонах.

При разработке технологии был реализован способ непрямого термического уничтожения органосодержащих материалов, включающий их предварительное бескислородное термическое разложение (среднетемпературный пиролиз с максимально возможным переводом органической составляющей исходного материала в газообразное состояние) и последующее квалифицированное сжигание ПГС в оптимальных условиях: $a > 1,2$; $T > 1300$ °С; $f \cdot 2c$.

Основной принцип технологии ЭЧУТО – не прямое, двухступенчатое сжигание органосодержащих отходов:

- Предварительное среднетемпературное термическое разложение (пиролиз) исходного сырья и сжигание газообразных продуктов с использованием полученного тепла для поддержания процесса

- Дожигание коксового остатка.

При этом одновременно решаются три задачи:

- экологически чистое уничтожение отходов,

- экономия средств, затрачиваемых на вывоз и депонирование ,

- получение тепловой энергии (в виде горячей воды).

Установки ЭЧУТО предусматривают уничтожение следующих видов отходов:

- твердые бытовые и промышленные;

- пищевые;

- больничные и ветеринарные;

- резинотканевые;

- текстильные, включая промасленную ветошь, и другие, содержащие органику.

Переработка высококалорийных материалов типа резины, полимерных пленок, нефтесодержащих и лакокрасочных отходов производится в смеси с менее калорийными отходами.

Коксозольный остаток (КЗА), масса которого составляет 5...12% от исходной массы отходов, выгружается по мере его накопления и по заключению НИИ экологии и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина отнесен к IV классу опасности.

Основные агрегаты установки ЭЧУТО и их назначение.

Термореактор предназначен для термического уничтожения отходов методом пиролиза и частичной газификации с последующим огневым обезвреживанием при температуре 1200 – 1300 °С полученных газообразных продуктов. Термореактор включает в себя камеру термического разложения (КТР), устройство сбора и транспорта газообразных продуктов газификации из КТР в комбинированную горелку, обогреваемый воздухопровод для подачи в горелку горячего окислителя (воздуха), высокотемпературную циклонную топку и немеханизированную систему загрузки отходов и выгрузки коксозольного остатка.

Топливная система состоит из топливной емкости, трубопроводов и блочной горелки для жидкого (Riello 40F5) или для газового (Riello 40FS5) топлива, оснащенной системой автоматического управления. С помощью этой горелки производится разогрев установки до рабочих температур и стабилизация процесса огневого обезвреживания продуктов газификации.

Каталитический картридж (дожигатель) обеспечивает процесс полного окисления продуктов сгорания, покидающих термореактор при температуре 300 – 450 °С. В основу конструкции положен типовой каталитический дожигатель, разработанный НАМИ.

Теплообменник обеспечивает процесс полного окисления продуктов сгорания, покидающих термореактор при температуре 300 – 450 °С. В основу конструкции положен типовой каталитический дожигатель, разработанный НАМИ.

Система газоочистки с тройной системой газоочистки от мелкой пыли, эффективность улавливания 99.5 – 99.8%. Состоит из циклонной, газо-промывной и двух ступеней ударной очистки. В качестве улавливающей жидкости используется смесь эмульсола и воды, обладающая щелочной реакцией и содержащая небольшое количество масла, что значительно увеличивает ее улавливающую способность.

Тягодутьевая система обеспечивает удаление дымовых газов из термореактора, просасывая их через каталитический картридж, теплообменник и скруббер. Дымосос типа ВВР обеспечивает заданное разрежение во всех аппаратах установки, что значительно уменьшает величину вредных выбросов, так как все они проходят через огневую зону термореактора. Уходящие газы выбрасываются в дымовую трубу высотой 10 м, что позволяет обеспечить необходимую ПДК вредных выбросов в атмосферном воздухе рабочей зоны. Содержание вредных веществ не превышает значений предельно допустимых концентраций.

Блок управления обеспечивает необходимый контроль процесса утилизации отходов, а также автоматическое поддержание заданных параметров. Состоит из пульта управления и системы исполнительных устройств.

Узел загрузки и площадка обслуживания предназначены для удобной ручной загрузки отходов в установку.

Возможна модификация технологии:

1. Установки контейнерного типа стационарные с периодической загрузкой исходного материала.

2. Установки того же типа на передвижной платформе.

3. Установки непрерывного действия.

Во всех разработках реализуются следующие общие принципы:

1. минимальная предварительная сортировка исходного материала;

2. организация 3-ступенчатого сжигания исходного материала, включающего термическое разложение с $a < 1$, сжигание парогазовых продуктов с $a > 1$ и дожиг коксового остатка;

3. обязательное огневое обезвреживание всех продуктов, покидающих установку.

В настоящее время осуществляется мелкосерийное производство стационарных установок контейнерного типа.

Потенциальными пользователями таких установок могут быть: промышленные цеха (резинотехнические отходы, промасленная ветошь, загрязненные опилки, лакокрасочные отходы), небольшие медицинские учреждения (перевязочный материал, ТБО и пр.), магазины, рынки (упаковка, тара) и т. д.

Зарубежным аналогом такой установки является установка SMART ASH фирмы ELASTEK.

Количество утилизируемого тепла — 0,01 Гкал/ч. Установка сертифицирована. В настоящее время находятся в опытной эксплуатации установки типа ЭЧУТО на заводе "Компания Славич" (г. Преславль-Залесский), СИЗО № 1, Военный госпиталь (г. Подольск), аэропорт в г. Сургут. Всего по РФ введены в эксплуатацию 30 установок ЭЧУТО.

В лаборатории «Пиролитические процессы переработки отходов» кафедры «ПЭ и БП» функционирует опытно-демонстрационный стенд «ЭЧУТО» для изучения процесса пиролиза отходов.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЕ ПРОИЗВОДСТВО – БУДУЩЕЕ РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Горбенко О.О.

Московский государственный университет инженерной экологии

Экологически чистое производство - непрерывное приложение комплексной превентивной стратегии охраны окружающей среды к технологическим процессам и продукции с целью снижения риска для здоровья людей и оздоровления окружающей среды.

Как показывает мировая практика основными реальными предпосылками превращения экологических проблем в экологический кризис служат, во-первых, беспрецедентные масштабы вовлечения природных ресурсов в хозяйственный оборот, что обусловлено, главным образом, опережающим ростом базовых отраслей промышленности, и, во-вторых, технологии, применяющиеся в базовых отраслях, ориентированные на производство массовой продукции при невысоких издержках, как правило, «экологически грязные» ресурсо- и энергоемкие.

Предприятия отнесенные к числу загрязнителей атмосферы, чаще всего выступают также и в роли основных загрязнителей поверхностных вод и почв. Высокая ресурсоемкость и отходность промышленного производства усугубляется низким технико-технологическим уровнем. Необходимость рационального использования ресурсов столь очевидна для обеспечения устойчивого развития, ставит вполне конкретные задачи перед промышленным сектором экономики России. Выход из создавшегося положения на ближайшую перспективу оказывается тесно связанным с экоструктурной перестройкой экономики, ориентированной на: снижение природоемкости, энергоемкости, перераспределении трудовых, материальных и финансовых ресурсов в пользу отраслей, производящих продукцию конечного потребления; увеличение в территориальной структуре хозяйства доли наукоемких и ресурсосберегающих секторов.

Несомненный вклад в становление экобезопасной экономики вносит развитие специфических отраслей, напрямую связанных с охраной природы. Являясь новой сферой роста занятости, экобизнес активно развивается и начинает занимать прочное место в экономике страны. Среди направлений деловой активности в природоохранной сфере выделяются службы контроля качества воздуха и воды, промышленных отходов, включая химический анализ и экологический мониторинг. Весьма перспективная в экономическом плане представляются направления, связанные с переработкой и сбытом промышленных отходов, внедрением альтернативных источников энергии, поддержанием и усовершенствованием сетей коммуникаций и энергосбережения.

Реальным направлением решения экологических проблем является реализация достижений научно-технического прогресса, предусматривающих изменения технико-технологической основы производства путем перехода на малоотходные, ресурсо- и энергосберегающие технологии. Практически это означает смену курса, ориентированного на ликвидацию неблагоприятных последствий, обусловленных изменением качества природной среды, на курс борьбы с загрязнением и предупреждением последствий. Данный подход в рассматриваемой ситуации представляет собой не только наиболее логичное, но и экономически наиболее эффективное решение, ибо затраты на устранение экологических последствий зачастую значительно превышают превентивные меры.

Под ресурсосберегающей технологией в этом случае понимается такой технологический процесс, который предполагает минимизацию используемых природных ресурсов и минимальное нарушение природных (естественных) условий, т.е. отличается от традиционных технологий значительно меньшим удельным расходом сырья и энергии. Для малоотходных (безотходных) технологий главным является переход на замкнутые технологические циклы, в какой-то мере воспроизводящие природные, что позволяет получить минимум твердых, жидких, газообразных и тепловых отходов и выбросов.

Реальным направлением достижения желаемого результата (интенсификация производства и сохранение среды) является создание экологичных технологий и техники, под которыми понимают такие образцы технологических процессов, технических средств и агрегатов, которые в процессе своего функционирования исключают затраты общественного труда на устранение, компенсацию или предотвращение ущерба, причиняемого обществу в результате непроизводительного использования природных ресурсов и загрязнения окружающей среды.

Экобезопасная экономика требует совершенствования промышленного производства с целью превращения в экологически чистое (краткая форма – «чистое производство»). В трактовке, принятой на конференции министров по охране окружающей среды для Европы (София, 1995), экологически чистое производство определяется как «непрерывное приложение комплексной превентивной стратегии охраны окружающей среды к технологическим процессам и продукции с целью снижения риска для здоровья людей и окружающей среды».

Основной технологический принцип чистого производства – сокращение отходов в технологическом процессе и повторное использование отходов в местах их возникновения (в тоже технологическом процессе или в другом, но внутри предприятия). В идеале в чистом производстве должны отсутствовать очистные сооружения и места складирования отходов. И, наконец, есть еще одна сторона чистого производства – его функционирование предусматривает выпуск экологически чистой продукции, т.е. такой продукции, которая по

возможности производится из возобновляемого сырья и вторичных материалов, не содержит посторонних вредных примесей, отличается низким уровнем энергопотребления при ее производстве и эксплуатации, не загрязняет окружающую среду.

Становление чистого производства предполагает реализацию стратегии постепенного уменьшения вредного воздействия производства на окружающую среду за счет постоянного выполнения экологически эффективных мероприятий (проектов) организационного и технологического характера, нацеленных на изменение технологических процессов, состава продукции и технологий услуг.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды усилия следует направлять на использование процессов, материалов, практических приемов или продукции таким образом, чтобы избегать, сокращать или регулировать выбросы, сбросы, образование отходов, применяя для этого весь арсенал современных достижений: изменения в производственном процессе, в механизмах управления, эффективное ресурсопользование и замену материалов, очистку отходов и вторичное использование материалов (рециклинг).

Основные принципы чистого производства включают в себя:

- локальность – ограничение появления и вредного воздействия загрязняющих веществ местом их образования;
- превентивность – предотвращение образования загрязняющих веществ и их отрицательного воздействия на стадиях, предшествующих их возможного появления;
- системность – реализация экономически обоснованных способов предотвращения, сокращения, нейтрализации загрязняющих веществ на всех стадиях производственного процесса от сырья до готовой продукции;
- эколого-экономическую оценку принимаемых решений – комплексный подход к выбору оптимального варианта предотвращения загрязнения, предполагающего совокупную оценку как экологического, так и экономического эффектов;
- финансовую достижимость – наличие необходимых финансовых средств для реализации принимаемых решений;
- прибыльность – выгодность предотвращения загрязнения (образования отходов).

К числу важнейших, как показывает мировой опыт, среди перечисленных выше принципов, делающих исключительно привлекательным создание экологически чистых производств в рамках конкретных предприятий, относится принцип прибыльности (выгодности), кратко формулируемый, как: «предотвращение загрязнения – выгодно». Любому предприятию предотвращение загрязнения окружающей природной среды или сокращение загрязнения должно быть выгоднее, чем расходование средств на очистку или выплату компенсаций. Поэтому преобразование промышленных производств в экологически чистые, разработка новых технологий должны быть нацелены на то, чтобы

добиться работы предприятий с минимальным расходом ресурсов и минимальным вредным воздействием на окружающую среду. Чем быстрее этот принцип будет реализован на предприятиях России, тем успешнее технологии и процессы в промышленности, в сельском хозяйстве и в сфере услуг будут приближаться к экологически чистым.

УДК 66.084.8

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ГАЛЬВАНОКОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ

¹Муллакаев М.С., ²Векслер Г.Б., ³Кручинина Н.Е., ¹Абрамов В.О.

¹Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,

²Московский государственный университет инженерной экологии,

³Российский химико-технологический университет.

Ультразвук (УЗ), вследствие способности стимулировать разнообразные физико-химические процессы, получил широкое распространение в промышленности. УЗ воздействие позволяет существенно интенсифицировать современные технологии водоподготовки и водоочистки.

Определяющим фактором воздействия УЗ на технологические процессы, протекающие в жидкостях, является кавитация, приводящая к появлению микрообластей с исключительно высокими температурами и давлениями в результате «схлопывания» образующихся микропузырьков и как следствие, при этом достигается уменьшение размеров частиц дисперсной фазы.

В настоящее время в соответствии с рекомендациями ЮНЭСКО при строительстве и реконструкции различного рода станций нейтрализации и очистных сооружений широкое распространение получил гальванокоагуляционный способ очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, нефтепродуктов и других загрязнений.

Экспериментально выявленное существенное повышение активности наработанных этим способом кристаллов оксидных соединений при УЗ воздействии позволило разработать новую технологию очистки значительных объёмов загрязнённых вод в специальных реакционных аппаратах.

Аппаратурно-технологическая схема ультразвуковой гальванокоагуляционной очистки воды от тяжёлых металлов, нефтепродуктов и других органических загрязнений представлена на рисунке 1.

Как видно из аппаратурно-технологической схемы, представленной на рисунке 1, очистка воды от ионов тяжёлых металлов, нефтепродуктов и других органических загрязнений осуществляется в реакционной камере 5, в которую одновременно с водой поступает суспензия магнетита, наработанная гальванокоагулятором 1 и активированная в ультразвуковом

реакторе 4. Время активации регулируется изменением скорости циркуляции суспензии в замкнутом контуре, включающем скрапоуловитель 2 и насосный блок 3. Обезвреженные в результате контакта с магнетитом воды из реакционной камеры 5 насосом подаются на рамный фильтр-пресс 7, где осуществляется отделение от потока твёрдых включений. Циркуляционный контур с входящими в его состав гидроциклоном 6 и системой регулировочных клапанов, и насосным блоком, а также барботаж сжатым воздухом обеспечивают интенсификацию процесса в реакционной камере.

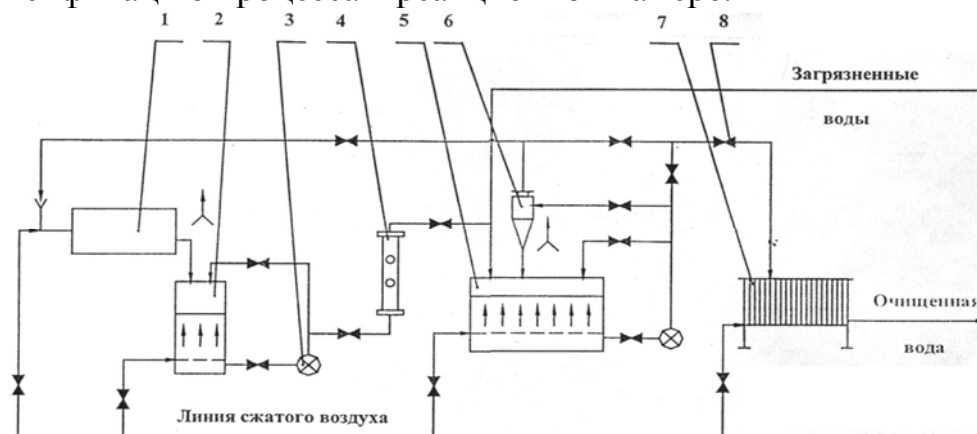


Рис. 1. Аппаратурно-технологическая схема УЗ гальванокоагуляционной очистки воды от тяжёлых металлов, нефтепродуктов и других органических загрязнений. 1– гальванокоагулятор, 2–скрапоуловитель, 3–насосный блок, 4 –ультразвуковой реактор, 5 –реакционная камера, 6 –гидроциклон, 7 –рамный фильтр-пресс, 8– регулировочный клапан.

В настоящее время создан и успешно эксплуатируется пилотный блок гальванокоагуляционной очистки загрязнённых вод с использованием макетных образцов УЗ техники промышленного типоразмера, а также мобильный комплекс в контейнерном исполнении (рис. 2 а и б).

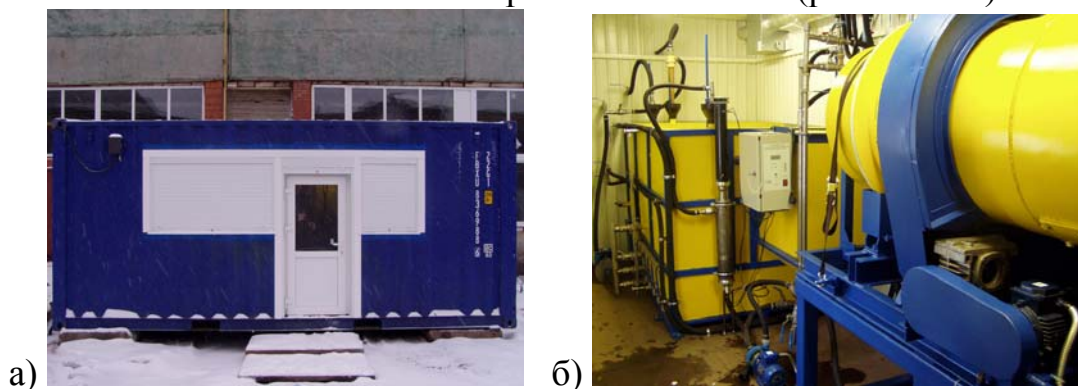


Рис.2. Мобильный комплекс гальванокоагуляционной очистки загрязнённых вод

1. Мэйсон Т. и др. Химия и ультразвук. Пер.с англ./ Под ред. Т. Мейсона. М.: Мир, 1993 (Chemistry with Ultrasound / Ed. By T. J. Maison / The Society of Chemical Industry. Elsevier. London. 1990). 190с.
2. Абрамов О.В. Использование мощного ультразвука в процессах очистки сточных вод. // В кн. Современные проблемы общей и неорганической химии. – М. 2004. – 404 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВЫХ МАШИН ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ БИОГАЗА ПОЛИГОНОВ ТБО, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ И РАЗМЕРНОСТЕЙ

Гонопольский А.М., Кушнир К.Я.

Московский государственный университет инженерной экологии

Одним из наиболее распространенных способов утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) является их захоронение на полигоне. Но данный метод обращения с отходами имеет ряд недостатков, одним из которых является образование биогаза, приводящего к ухудшению экологической обстановки и увеличению пожароопасности. Поэтому возникает вопрос об экологически безопасной утилизации образующегося биогаза.

Традиционная технология утилизации биогаза на полигонах ТБО предусматривает извлечение биогаза из тела полигона, его транспортировку, подготовку к утилизации и обезвреживание (Рис. 1.).

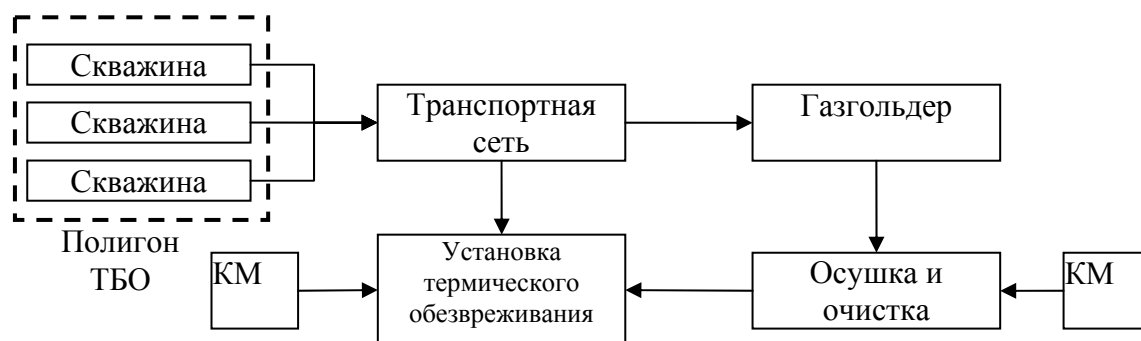


Рис. 1. Схема утилизации полигонного биогаза
КМ – компрессорное оборудование.

Согласно данной схеме, извлекаемый биогаз проходит через сеть трубопроводов, аппараты обогащения и осушки биогаза, а также его химической очистки от сероводорода, как правило, на адсорберах, а затем через установку термического обезвреживания (в горелке, тепловой машине, турбине и пр.).

Для энергетической утилизации биогаза необходимо высокое содержание метана и низкое содержание влаги, сероводорода, хлорсодержащих соединений, а так же ароматических соединений, которые являются балластными в термодинамическом отношении. По этой причине необходимо подтверждать для каждого полигона состав биогаза. Проведенное исследование с пробами биогаза, отобранного на полигоне ТБО «Сафоново» Раменского района Московской области, в зависимости от глубины изъятия биогаза, подтверждает наличие в составе биогаза ряда токсичных соединений. Данные соединения при сжигании приводят к образованию новых строго нормируемых соединений и уменьшению срока службы оборудования за счет химической коррозии аппаратов

термической утилизации – двигателей внутреннего сгорания, турбин. (Таблица 1)

Усредненное значение компонентов биогаза на полигоне Сафоново

Таблица 1.

Место отбора проб	Концентрация, мг/м ³									
	пыль	CxHy	NO ₂	H ₂ S	SO ₂	CO	бензол	толуол	этилбензол	ксилолы
ПДК	0,5	1,0	0,085	0,008	0,5	0,5	1,5	0,6	0,02	0,2
На поверхности из оголовка	10,26	1,83	0,02	0,005	0,05	1,0	0,35	0,14	0,12	0,06
На глубине 0,4м	14,31	4,43	-	-	-	1,75	0,06	0,02	0,02	0,01
На глубине 1м	15,8	5,6	-	-	-	2,3	0,02	0,01	-	-
На глубине 2м	17,2	8,3	-	-	-	3,1	-	-	-	-
На глубине 10м	21,1	10,1	-	-	-	2,2	-	-	-	-

Анализ состава сжигаемого биогаза показал, что наиболее вероятной причиной возникновения опасных компонентов в отходящих газах после сжигания может быть высокодисперсная пыль, попадающая в горелку вместе с потоком биогаза концентрация которой возрастает с глубиной взятия проб. Известно, что пылевые частицы, обладающие высокоразвитой поверхностью, являются адсорбентами. При их сжигании происходит десорбция и выделение сорбированных соединений в газовую фазу. Таким образом, для использования биогаза в качестве рабочего тела ТМ необходимо проводить не только осушку и компримирование биогаза перед сжиганием, но и очистку отходящих газов, как перед сжиганием (в том числе от пыли), так и после него от токсичных газообразных соединений.

Таким образом, учитывая, что целью термической утилизации биогаза на полигонах является не только улучшение экологической ситуации в зоне их расположения, необходимо сравнить различные термодинамические циклы тепловых машин, работающих на реальном составе биогаза (Таблица 1) и модельном метан-углекислотно-воздушном. Это сравнение является второй задачей исследования, выполненной для цикла Дизеля (при постоянном давлении), цикла Тринклера (смешанный), цикла Отто (при постоянном объеме), Брайтона (при постоянном давлении), так как энергия, получаемая от термической утилизации, расходуется на технико-экологические цели.

Расчеты показали, что наиболее энергетически значимым, является цикл Дизеля. Этот факт также подтверждается и тем, что двигатели, работающие на этом цикле, получили наибольшее распространение в зарубежной практике для термической утилизации биогаза.

На основании полученных результатов, можно утверждать, что экологическая безопасность ТМ, работающей на биогазе, определяется разницей между полезной работой цикла и затратами работы системы сбора, транспортировки, подготовки, очистки от выбросов и пыли. Результаты расчетов приведены на рис. 2 в виде зависимостей.

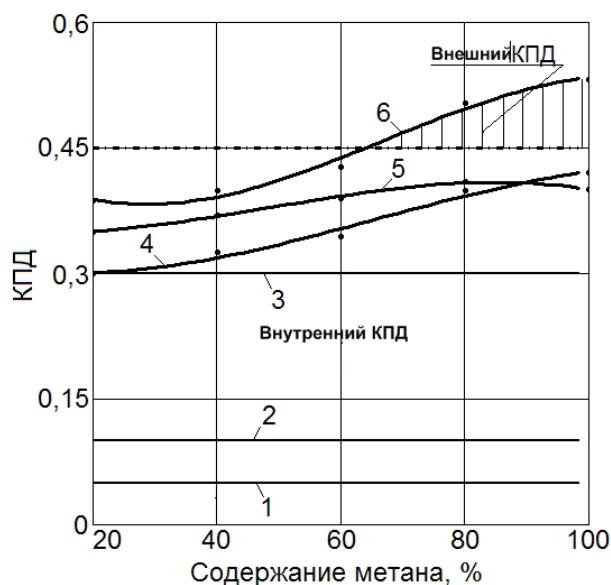


Рис. 2. Зависимость КПД ТМ с учетом технико-экономических затрат и термодинамического КПД циклов от содержания метана в биогазе. (1 – очистка биогаза от пыли перед сжиганием, 2 – сжатие биогаза перед сжиганием до 1,2МПа, 3 – осушка биогаза перед сжиганием и его очистка после сжигания, 4 – КПД цикла Отто, 5 – КПД цикла Тринклера, 6 – КПД цикла Дизеля, - · - · - суммарные затраты).

Таким образом, термодинамический КПД любого цикла ТМ является его верхним пределом, поэтому область рационального применения установок по термической утилизации биогаза на полигонах захоронения ТБО существенно меньше (штрих – пунктирная линия на рис.2.)

Для реализации третьей поставленной задачи, в исследовании был использован программный продукт, созданный на кафедре ТиТП ОПиП МГУИЭ. При расчетах на ЭВМ были получены безразмерные комплексы, которые вошли в итоговые критериальные соотношения (Таблица 2).

Уравнения подобия для циклов ТМ

Таблица 2

Наименование цикла	
Цикл Дизеля	$\frac{N_{ТМ}}{N_3} = 0,852 \cdot \left(\frac{C_p}{C_v}\right)^{0,013} \cdot \left(\frac{N_3^2 \cdot \rho}{P_2^3 \cdot L^4}\right)^{-0,013} \cdot \left(\frac{d}{L}\right)^{-0,09} \quad (1)$
Цикл Тринклера	$\frac{N_{ТМ}}{N_3} = 0,445 \cdot \left(\frac{C_p}{C_v}\right)^{0,013} \cdot \left(\frac{N_3^2 \cdot \rho}{P_2^3 \cdot L^4}\right)^{-0,013} \cdot \left(\frac{d}{L}\right)^{-0,09} \quad (2)$
Цикл Отто	$\frac{N_{ТМ}}{N_3} = 0,199 \cdot \left(\frac{C_p}{C_v}\right)^{0,02} \cdot \left(\frac{N_3^2 \cdot \rho}{P_2^3 \cdot L^4}\right)^{-0,02} \cdot \left(\frac{d}{L}\right)^{-0,12} \quad (3)$

Анализируя полученные критериальные соотношения (1-3), можно сделать вывод, что работа данных процессов и аппаратов зависит от

показателя адиабаты, то есть термодинамических свойств биогаза (теплотворной способности), отношения глубины изъятия к диаметрам скважин и трубопроводов, а так же от гидравлических сопротивлений, на преодоление которых необходимо затратить мощность, получаемую от ТМ.

Выводы:

Таким образом, был исследован процесс термического обезвреживания полигонного биогаза с учетом его термодинамических свойств. Установлены пределы применимости тепловых машин. Получены критериальные соотношения для расчета и проектирования тепловых машин утилизации биогаза в зависимости от свойств извлекаемого биогаза и глубины изъятия.

1. Гонопольский А.М., Мурашов В.Е., Борисов Н.И., Кушнир К.Я. К вопросу о рациональном использовании биогаза, образующегося на полигонах ТБО. Труды IV международной научно-практической конференции «Экологические проблемы индустриальных мегаполисов». 5-7 июня 2007. МГУИЭ. с.14-29.
2. Вайсман Я.И., Вайсман О.Я., Максимова С.В. Управление метаногенезом на полигонах твердых бытовых отходов. Пермь. «Книжный мир». 2003. 231 с.
3. Гонопольский А. М., Мурашов В.Е., Кушнир К.Я., Борисов Н. И. Сравнение эколого-экономических характеристик методов утилизации свалочного газа // Рециклинг отходов. №3 (9). 2007. с. 2-7.
4. Томашпольский В. И., Несенчук А. П., Трусова И.А. Промышленные теплотехнологии: Методики и инженерные расчеты оборудования высокотемпературных теплотехнологии машиностроительного и металлургического производства.: Учебник. Минск. Вышэйшая школа. 1998. 422 с.
5. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника.: Справочник/ кн.4. 2-е изд., перераб. М.: Энергоатомиздат, 1991. 588 с.
6. Цанев СВ. и др. Методика расчета тепловых схем газотурбинных и парогазовых электростанций: Методическое пособие по курсу «Парогазовые и газотурбинные электростанции». М.: Изд-во МЭИ, 2004.
7. Гонопольский А. М., Мурашов В.Е., Кушнир К.Я. Теория подобия в прикладной инженерной экологии // Экология и промышленность России. 2007. №10 с. 22-25
8. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad: Учебный курс. С. – Петербург: Питер, 2004.

КРИТЕРИАЛЬНОЕ ОБОБЩЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ФИЛЬТРАТА ПОЛИГОНОВ ТБО

Гонопольский А.М., Мурашов В.Е., Кушнин К.Я.

Московский государственный университет инженерной экологии

Процессы и аппараты в инженерной экологии, как правило, отличаются гетерогенностью и гетерофазностью рабочих сред, многообразием протекающих в них параллельно-последовательных обратимых химических реакций и неконтролируемой степенью неидеальности, как термо-, так и гидродинамических процессов. По этой причине, было предложено дополнить методы теории подобия методами регрессионного анализа, для сложных многостадийных процессов, что позволяет изучать критериальные соотношения для процессов и аппаратов инженерной экологии, не имея физико-математической модели. В данной работе предлагается использование предложенной методике для описания многостадийного процесса физико-химической очистки фильтрата полигонов ТБО.

В работе впервые теория подобия и размерностей применена для изучения многостадийного последовательного процесса. Обычно методы теории подобия и размерностей применялись для отдельного этапа или процесса [1,2]. В данной работе каждое полученное критериальное соотношение для отдельного аппарата и процесса стоит в цепи последовательно протекающих процессов. Технологическая схема последовательно протекающих процессов представлена на рис.1., сам процесс и эффективность по стадиям очистки достаточно полно и подробно изложены в работах [2,3] и в данной статье не приводится.

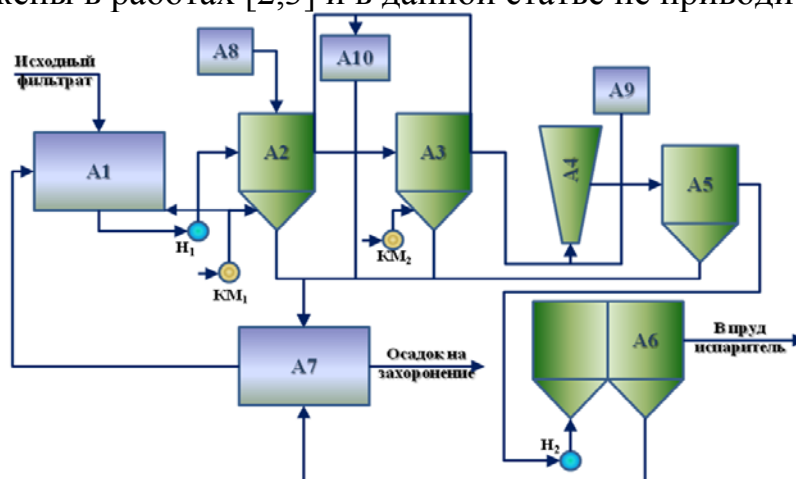


Рис. 1. Технологическая схема последовательно протекающих процессов.

A1 – Усреднитель; A2 – Реактор-барботер; A3 – Флотокоагулятор;
A4 – Проточный смеситель; A5 – Тонкослойный отстойник;
A6 – Электро-флотокоагулятор; A7 – Осадконакопитель;
A8,9 – Баки с реагентами; KM_{1,2} – Компрессоры; H_{1,2} – Насосы.

Результатами обработки массивов экспериментальных данных, полученных на лабораторной установке, являются критериальные соотношения (1-4) по стадиям обработки фильтрата полигона ТБО.

Стадия барботаж и микрофлотации. Общий вид функциональной зависимости для процесса барботажа и микрофлотации был определен из условия необходимых энергетических затрат на проведение процессов, а именно по величине перепада давления, который необходимо создать (1,2).

$$Eu = 20 \cdot Re^{0.12} \cdot Fr^{0.11} \cdot Ho^{0.01} \quad (1)$$

$$Eu = 5.7 \cdot Re^{0.52} \cdot Fr^{1.4} \cdot Ho^{0.03} \quad (2)$$

Пределы применимости критериев:

- число Рейнольдса $2.04 \cdot 10^3 \leq Re \leq 6.87 \cdot 10^6$

- число Фруда $8.43 \leq Fr \leq 10.595$

- число Гомохронности $1.852 \leq Ho \leq 5824$

Из критериальных соотношений (1) и (2) видно, что по своей природе процессы подобны, но эффекты, протекающие в аппарате, оказывают различное влияние на течение процесса. Об этом свидетельствуют в первую очередь степени при критериях. Чем выше степень при критерии, тем большее влияние оказывают на процесс эффекты, заключенные в нем. Так в критериальном соотношении (2) отношение сил инерции в потоке к силам вязкого трения (Re) в процессе микрофлотации имеет преобладающее действие на процесс, нежели в процессе барботажа. Так же неравномерность распределения сил инерции по диаметру аппарата в поле действия гравитационных сил в итоге более значимо для процесса микрофлотации (Fr).

Стадия травильными растворами. Общий вид функциональной зависимости определялся из условия необходимых энергетических затрат на проведение процесса коагуляции, а именно по величине частоты вращения перемешивающего устройства (3).

$$Fr = 0.04 Re_{\rho}^{1.7} \cdot Ho^{0.1} \quad (3)$$

Пределы применимости критериев:

- число Рейнольдса $2000 \leq Re \leq 36000$

- число Фруда $0,05 \leq Fr \leq 0,1$

- число Гомохронности $14 \leq Ho \leq 19000$

В данном критериальном соотношении отношение сил инерции к силам вязкого трения в потоке является наиболее значимым для процесса о чем так же свидетельствует показатель степени при критерии (Re). В отличие от остальных процессов в данном процессе критерий (Fr) является определяемым и содержит частоту вращения перемешивающего устройства, необходимого для перемешивания поступающего травильного раствора в аппарат.

Стадия электро-флотокоагуляции. Общий вид функциональной зависимости определялся из условия необходимых энергетических затрат на проведение процесса электрокоагуляции, а именно по величине силы тока (4)

$$N_J = 2.4 \cdot Fr^{0.71} \cdot Re_\rho^{1.4} \cdot Ho^{1.3} \quad (4)$$

где $N_J = \frac{J \cdot U \cdot \tau^3}{\rho \cdot D}$ - коэффициент мощности, характеризующий мощность, потребляемую электролизером; J – сила тока, А; U – напряжение, В; D – диаметр аппарата, м; τ – время процесса, с; ρ – плотность, кг/м³.

- число Рейнольдса $20 \leq Re \leq 50$;
- число Фруда $2000 \leq Fr \leq 10000$;
- число Гомохронности $2 \leq Ho \leq 50$.

Для процесса электро-флотокоагуляции имеет значение не только отношение сил инерции в потоке к силам вязкого трения, но и неустановившийся характер течения процесса (Ho) и распределения по объему, в котором протекает процесс, сил инерции под действием гравитационных сил. В критерий Фруда (Fr) в качестве характеристического размера принято расстояние между электродами. Стоит отметить так же, что определяющие критерии Re и Ho оказывают практически одинаковое влияние на течение процесса, о чем свидетельствуют степени при них.

Но для определения области рационального и устойчивого применения режимов для каждой стадии очистки фильтрата необходимо определить эффективность каждого процесса. Для этого по тому же алгоритму были обработаны уравнения, где в качестве определяемого критерия подстановкой в уравнения (1-4) равенству левой части уравнений соответствовала эффективность процесса очистки для каждой стадии (5-8).

$$Ef = 0,89 \cdot Fr^{0.44} \cdot Ho^{-0.179} \quad (5)$$

$$Ef = 2,23 \cdot Re^{-0,06} \cdot Fr^{-0,30} \quad (6)$$

$$Ef = 1,5 \cdot Re^{-0,33} \cdot Ho^{-0,06} \quad (7)$$

$$Ef = 0,22 \cdot Re^{0,17} \cdot Ho^{-0,13} \quad (8)$$

В результате каждому критериальному соотношению (5-8) в соответствие получена графическая зависимость, представляющая собой поверхность оптимальных решений в зависимости от эффекта, который необходимо получить при проведении процесса (Рис. 2,3).

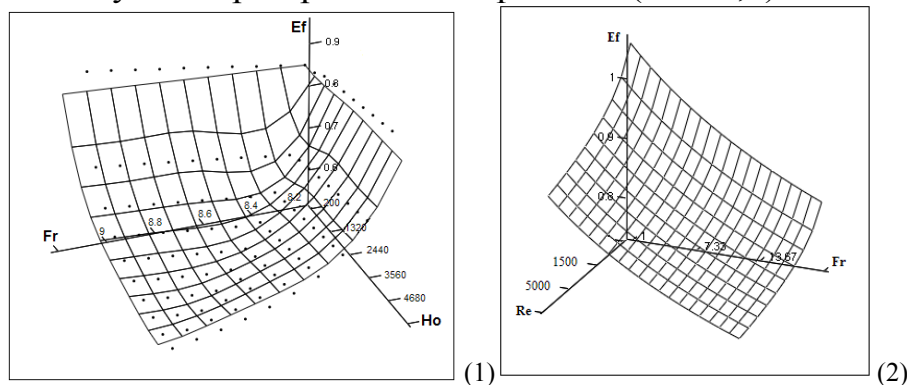


Рис. 2. Поверхность применения рациональных параметров для процесса барботаж и микрофлотации

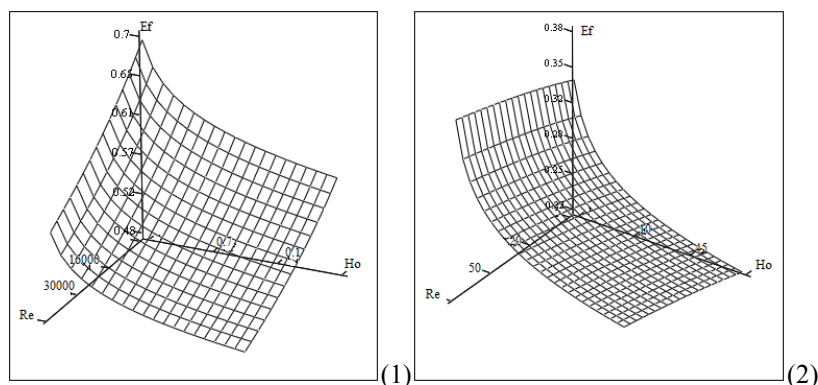


Рис. 3. Поверхность применения рациональных параметров для процесса коагуляции травильными растворами (1) и электро-флотокоагуляции (2)

Как видно из критериальных соотношений (5-8) и рис.2,3. на эффективность процесса барботажа в отличие от остальных процессов не оказывает влияние отношение сил инерции к силам трения (Re), но отношение сил инерции к гравитационным силам потоков, а также характер неустановившегося течения процесса для всех исследуемых процессов является значимым.

Выводы

Впервые была применена методика позволяющая получить критериальные соотношения для многостадийного.

Проведен анализ значимости физико-химических факторов, которые входят в состав критериальных соотношений.

Получены поверхности эффективных решений, позволяющие определять область рациональных применений на основании зависимостей между исходными параметрами и конечной эффективностью процесс.

1. Гухман А.А. Введение в теорию подобия. М.: Высшая школа, 1963г.
2. Гухман А.А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепло-массообмена. М.: Высшая школа, 1967г.
3. Гонопольский А. М., Мурашов В.Е., Кушнир К.Я. Теория подобия в прикладной инженерной экологии // Экология и промышленность России. 2007. №10 с. 22-25
4. Гонопольский А.М. и др. Многостадийная технология очистки фильтрата полигонов ТБО //Вода: Химия и экология. 2008. №2 с 25-30
5. Гонопольский А.М. и др. Без тяжелых металлов и других токсикантов. Технология очистки фильтрата полигонов ТБО физико-химическими методами //Вода: Химия и экология. 2007 №2 с. 36-38

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОУДАРЕНИЯ КАПЕЛЬ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ЖИДКОСТИ

¹Елисеева О.А., ¹Систер В.Г., ²Леднев А.К.

¹Московский государственный университет инженерной экологии

²Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

Представлены результаты экспериментального исследования параметров возмущений при взаимодействии падающей капли с неподвижным и движущимся горизонтально или под некоторым углом наклона слоем жидкости. Проведен анализ экспериментальных данных и их сравнение с теоретическими оценками параметров возмущений.

Резкое возрастание массообменных процессов в тепло- и массообменном оборудовании и химических реакторах при наличии пленочного теплообмена связано, в частности, с величиной коэффициента турбулентной диффузии в жидкой пленке. Падение капель на поверхность жидкости приводит к резкому повышению коэффициента турбулентной диффузии как вблизи поверхности, так и по всей толщине слоя жидкости, если толщина слоя невелика. Падающие капли возмущают поверхность жидкости, перемешивают слои жидкости, порождая турбулентные вихри (капли уносят с поверхности часть жидкости в глубину потока, а также они уносят часть воздуха в виде пузырьков в слой жидкости, всплывание которых в дальнейшем интенсифицирует процессы перемешивания) [1].

Для проведения экспериментов была создана установка (рис. 1), которая состоит из генератора капель с ручным регулятором расхода и набором игл разного диаметра для вариации начального размера и частоты падения капель; проточного лотка; видеосистемы (высокоскоростной видеокамеры), измеряющей параметры падающей капли и регистрирующей возмущения, вызванные её падением на слой жидкости.

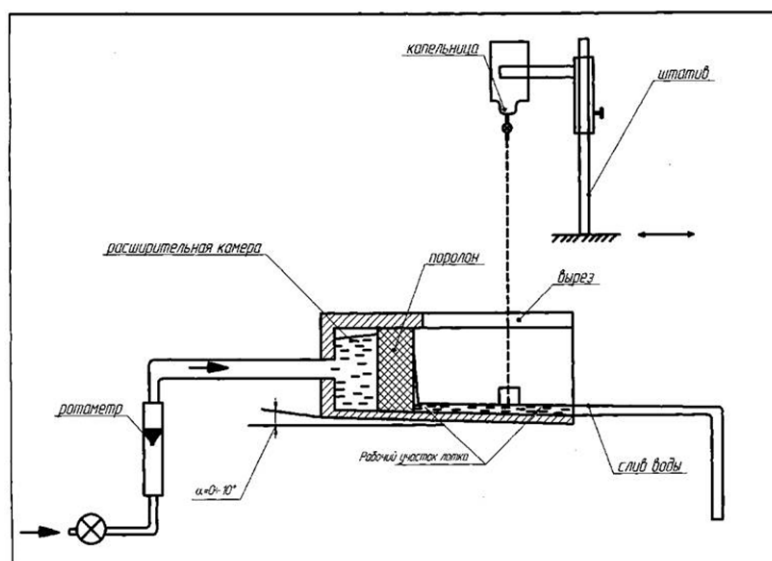


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Капли из отверстия иглы падают в проточный лоток, прозрачность стенок которого позволяет визуализировать и регистрировать процесс взаимодействия падающей капли с поверхностью и объемом жидкости, находящейся в нем. К противоположному (глухому) торцу подведена, через ротаметр, водопроводная магистраль с ручным регулированием расхода. Вода из магистрали попадает в расширительную камеру, ограниченную стенками лотка и поролоновой вставкой, и, пройдя через неё, образует движущийся слой, свободно сливающийся с противоположного, открытого торца лотка. Толщина слоя и скорость течения в нём зависят от уровня воды в расширительной камере, плавно регулируемого по показаниям ротаметра, и угла наклона самого лотка относительно горизонтали.

Типичная съёмка возмущений, вызванных упавшей каплей, велась с частотой 200 кадров/сек и экспозицией 1 мсек. При обработке последовательных кадров видеоряда (рис. 2), содержащих масштабный шаблон, были измерены линейные размеры и скорость развития возмущений различного вида (каверны, короны, султана); размеры и скорости движения вторичных капель. Получены критериальные зависимости характерных геометрических размеров возмущений, количества и полидисперсного состава образующихся вторичных капель от скорости и толщины пленки жидкости, размера и скорости падающих капель, угла наклона движущегося слоя жидкости.

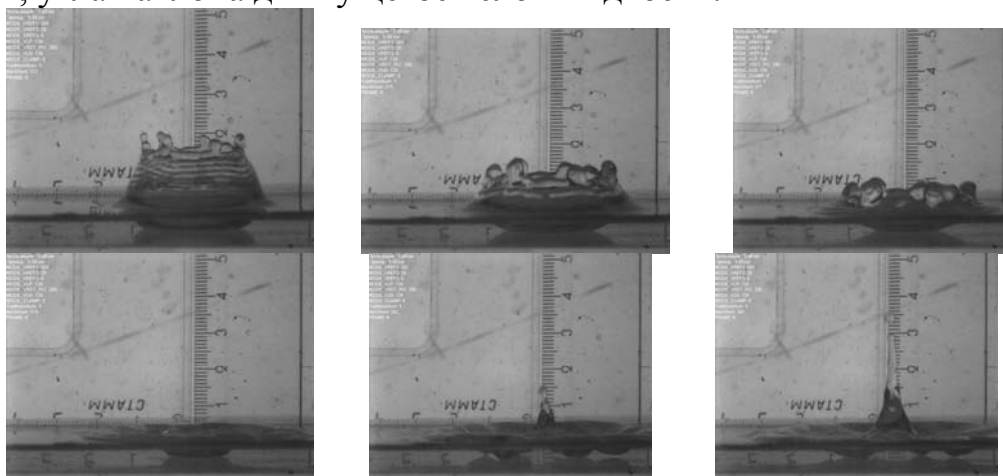


Рис. 2. Ударное взаимодействие капли с поверхностью жидкости

В частности, обнаружено, что размер образующейся каверны при падении капли в слой жидкости слабо зависит от скорости его движения при заданном угле наклона относительно горизонтали (рис. 2, 3). Величина отношения диаметра каверны к диаметру падающей капли $D_{кав}/d_{кан}$, полученная экспериментальным путем варьируется в интервале от 5 до 9, сопоставима с ее оценкой, основанной на простых энергетических соображениях [2]. Причем значение $D_{кав}/d_{кан}$ уменьшается с ростом угла наклона слоя жидкости и скорости его движения.

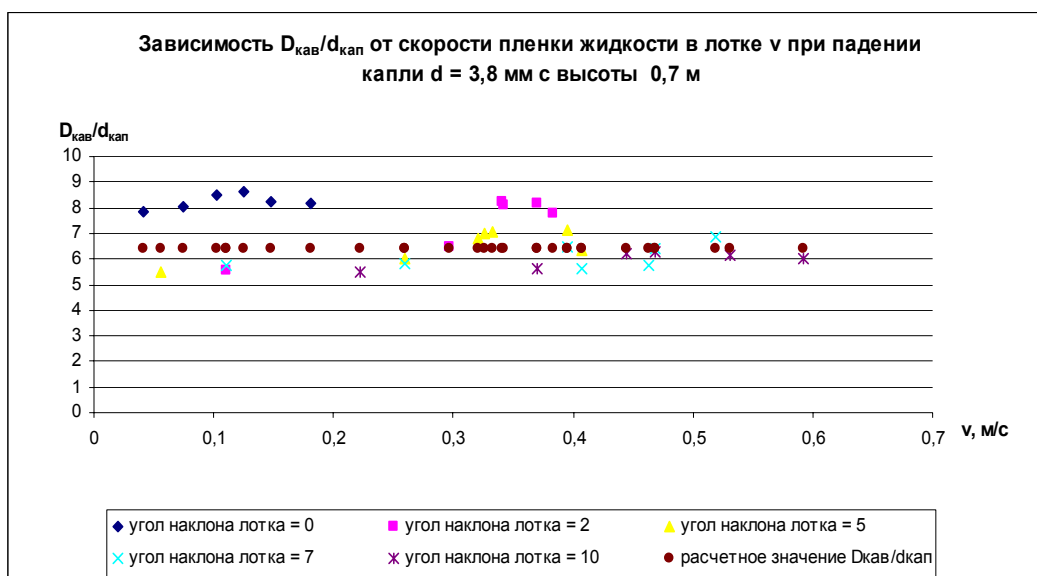


Рис.2. Зависимость характерного параметра каверны $D_{\text{кав}}/d_{\text{кап}}$ от скорости движения пленки жидкости v при падении капли жидкости на ее поверхность, с высоты $0,7$ м

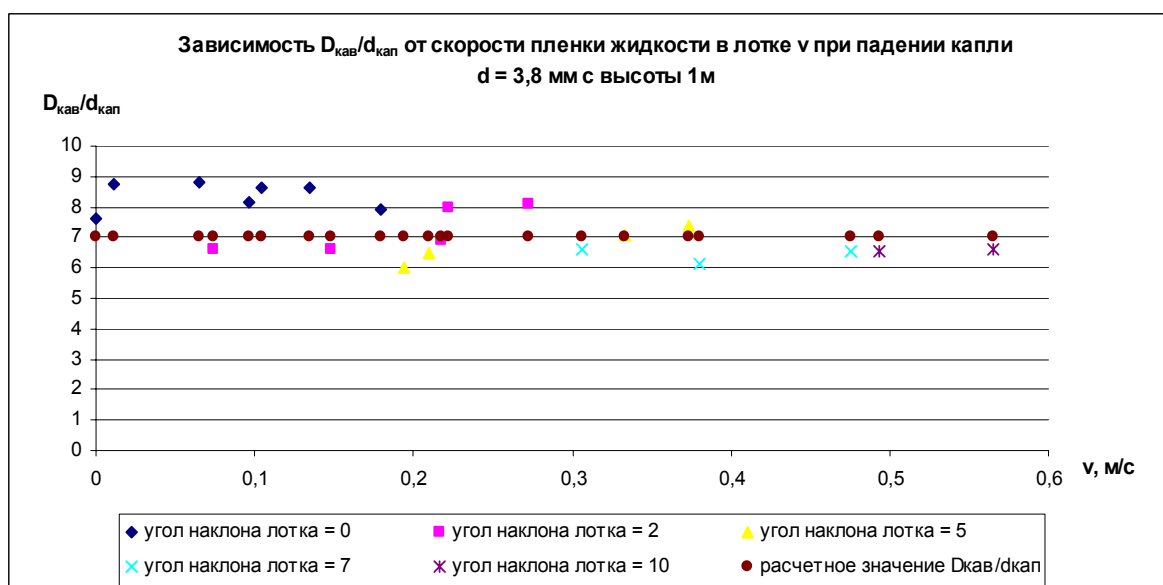


Рис.3. Зависимость характерного параметра каверны $D_{\text{кав}}/d_{\text{кап}}$ от скорости движения пленки жидкости v при падении капли жидкости на ее поверхность с высоты 1 м

Библиографические ссылки:

1. Систер В.Г., Мартынов Ю.В. «Принципы повышения эффективности теплообменных процессов» - Калуга: Издательство Н.Бочкаревой, 1998 г. – 508с.
2. Архипов В.А., Трофимов В.Ф. «Образование вторичных капель при ударном взаимодействии капли с поверхностью жидкости» – Прикладная механика и теоретическая физика. 2005. Т.6. №1. 55 – 62 с.

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ

^{1,2}Ямчук А.И., ¹Систер В.Г., ²Тарасевич М.Р.

¹Московский государственный университет инженерной экологии

² Учреждение Российской академии наук Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН

Синтезированы и исследованы трехкомпонентные биметаллические катодные катализаторы на основе рутения RuCoSe/C, нанесенные на сажу ХС 72. Изучено влияние различных соотношения компонентов и условий синтеза на активность каталитических систем в реакции восстановления кислорода. Наибольшую активность показала система, имеющая соотношение компонентов Ru:Co:Se=2:1:1.

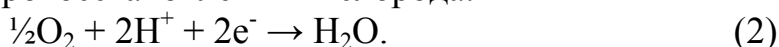
Разработка топливных элементов для водородной энергетики является в настоящее время одной из ключевых научно-технических задач в мире. Актуальность этих работ обусловлена ростом стоимости первичных энергоносителей, а также необходимостью принятия срочных мер по решению экологических проблем. В то же время стоимость топливных элементов пока значительно превышает порог их коммерциализации, а отсутствие водородной инфраструктуры существенно ограничивает темпы развития водородной энергетики.

Топливный элемент (ТЭ) – это устройство, в котором химическая энергия топлива (восстановителя) и окислителя, непрерывно и отдельно подводимых к электродам, непосредственно превращается в электрическую энергию. [1] КПД такой системы весьма высок за счет отсутствия стадии преобразования тепловой энергии в механическую и затем механической в электрическую (как в случае сжигания топлив). Отличие топливных элементов от первичных источников тока (батарей) и вторичных источников тока (аккумуляторов) состоит в том, что и топливо, и окислитель не входят в состав элемента, а подаются извне. Поскольку в качестве окислителя обычно используется воздух, то время работы топливных элементов при заданной мощности прямо пропорционально запасу топлива.

В кислород-водородном топливном элементе в общем виде на аноде протекает реакция электроокисления водорода:



а на катоде – электровосстановления кислорода:



Суммарная реакция:



Формулы (1)-(3) отображают идеальный суммарный процесс электрохимического восстановления кислорода. Фактически реакция

осложняется образованием H_2O_2 и окислов металла кислородного электрода. Потребляемые на кислородном электроде ионы H^+ вновь образуются на водородном электроде. [2]

Большую роль в работе топливного элемента играют «электроды-катализаторы». Основное назначение таких электродов состоит в том, чтобы обеспечить необходимую скорость электрохимической реакции на границе раздела фаз.

В качестве катализаторов в топливных элементах обычно используют стандартные платиновые катализаторы. Платиносодержащие катализаторы являются эффективными для окисления метанола и этанола при умеренном расходе Pt ($3\text{-}4 \text{ мг/см}^2$) и температуре $60\text{-}70 \text{ }^\circ\text{C}$. Кроме того, к несомненным достоинствам платиновых катализаторов следует отнести их высокую коррозионную устойчивость как в кислых, так и щелочных растворах. Таким образом, практически единственным металлом, который в настоящее время используется для эффективной работы ТЭ, является платина, нанесенная на высокодисперсные углеродные материалы. При этом использование данного металла приводит к ряду значительных проблем, существенно ограничивающих применение ТЭ.

Во-первых, стоимость платины достаточно высока и ее ресурсы ограничены. Современные оценки стоимости компонентов ТЭ дают значения от 200 до 2000 \$ на кВт производимой энергии, при этом на каждый кВт необходимо до 2 г платины. Таким образом, двигатель среднего автомобиля мощностью 50 кВт будет стоить 10000 – 100000 \$, и в нем будет использоваться до 100 г платины. Несмотря на то, что результатом последних научных разработок в области катализаторов является существенное снижение количества платины (0.1 - 0.2 г на кВт), расход платины при массовом производстве энергоустановок ТЭ будет ощутимым. Это приведет к существенному дисбалансу между объемом мировых запасов платины и потребностями в ней.

Во-вторых, существенным недостатком платиновых катализаторов является то, что они легко и необратимо отравляются окисью углерода и сероводородом, неизбежно присутствующими в качестве примесей в водородсодержащих смесях, производимых в промышленных масштабах, таких как реформинг-газ - продукт конверсии органического топлива и биогаз - биотехнологический водород, полученный из биологических отходов.

В-третьих, существующие платиновые катализаторы обладают низкой селективностью в каталитических процессах - как катодных, так и анодных.

Следовательно, ТЭ, использующие платиновые катализаторы, не могут рассматриваться как единственная перспектива для широкого использования в энергетике будущего и, следовательно, разработка ТЭ с катализаторами без содержания платины или с ее пониженным содержанием является актуальной задачей. Одним из таких направлений

являются исследования по созданию каталитических систем на основе рутения.

Известно, что монорутениевый катализатор проявляет достаточно низкую активность в реакции восстановления кислорода из-за образования оксидной пленки в области потенциалов восстановления кислорода. [3-6] Поэтому в состав катализатора дополнительно вводится второй компонент. В качестве второго компонента при синтезе был использован металл Co. Принимая во внимание исследования [7], можно сделать вывод о том, что присутствие селена увеличивает активность катализатора. Поэтому был проведен синтез трехкомпонентных биметаллических катализаторов вида RuCoSe/C (нанесенные на сажу XC 72) с различным соотношением компонентов.

Электрохимические исследования катализаторов проводили с использованием метода вращающегося дискового электрода (ВДЭ). Активность каталитических систем оценивали по поляризационным кривым, измеренным на ВДЭ с тонким слоем катализатора в 0.5 М H₂SO₄ 60 °С. Поляризационные кривые электровосстановления кислорода проводили при непрерывной продувке раствора кислородом. На поверхность дискового электрода из пироуглерода площадью 0.2 см², запрессованного в тефлон, наносили слой катализатора в виде каталитических чернил и сушили на воздухе не менее 20-30 минут.

Результаты изучения влияния количества катализатора, нанесенного на поверхность дискового электрода, на примере каталитической системы RuCoSe/C (соотношение 2:1:1), представлены на рис. 1. Поскольку удельная активность практически не зависит от массы катализатора на электроде до 100 мкг/см² и при этом достигается равномерное покрытие поверхности диска, все дальнейшие измерения проводили при нанесении на дисковый электрод 20 мкг катализатора.

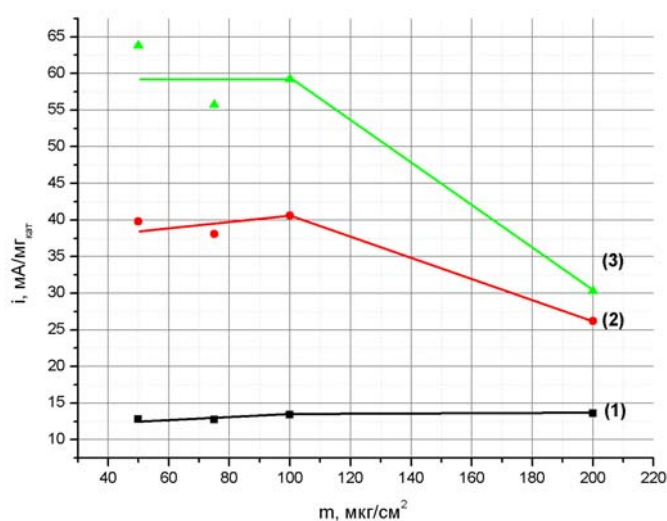


Рис. 1. Кривые зависимости удельной активности (i , mA/mg_{кат}) от количества катализатора RuCoSe/C (2:1:1, 20%RuCo), нанесенного на поверхность дискового электрода (m , мкг/см²), при разных значениях потенциала, В: (1) – 0.7; (2) – 0.6; (3) – 0.5.

В табл. 1 представлены характеристики катализаторов RuCoSe/C, синтезированных с использованием в качестве прекурсора селена CoSeO₄. Для снижения доли селена в катализаторе и сохранения соотношения в атомных долях равных Ru:Co:Se = 1:1:0,5 (№ 3, табл. 1) часть селената кобальта заменяли на сульфат кобальта.

Таблица 1

Характеристики катализаторов RuCoSe/C. 0.5 М H₂SO₄, 60 °С. ВДЭ, ω =1530 об/мин. Скорость развертки потенциала 5 мВ/с

№ п/п	Катализатор, (соотношение Ru:Co:Se), %мас. металлов, условия синтеза	E _{ст} , В	i, mA/cm ² при E=0.7 В,	i, mA/mg _{кат} при E=0.7В
1	RuCoSe/C (2:1:1), 20%, (600 °С, Ar)	0.90	1.12	11.2
2	RuCoSe/C (2:1:1), 20%, (600 °С, Ar + 350 °С, H ₂)	0.91	2.16	21.6
3	RuCoSe/C (2:1:0.5), 20%, (600 °С, Ar + 350 °С, H ₂)	0.90	1.38	13.8
4	RuCoSe/C (2:1:1), 30%, (600 °С, Ar + 350 °С, H ₂)	0.90	2.14	21.4

Как видно, увеличение массы металлов на носителе не приводит к существенному изменению удельной активности. При этом наибольшую активность в реакции восстановления кислорода проявляют катализаторы, синтезированные при последовательной термообработке в атмосфере аргона, а затем в атмосфере водорода (№ 2 и 4, табл. 1). В отличие от этого при замене части селената кобальта на сульфат кобальта (№3, табл.1) активность заметно снижается.

Однако по активности в реакции восстановления кислорода синтезированные катализаторы пока уступают моноплатиновым, поэтому проводятся дальнейшие исследования по их оптимизации.

1. Коровин Н.В. «Топливные элементы и электрохимические энергоустановки», М.: Издательство МЭИ – 2005.
2. Фильштих В. «Топливные элементы», М.: Издательство «МИР» - 1968.
3. Lingyun Liu, J.-W. Lee, Branko N. Popov // J. Power Sources. 2006. V.162. P.1099.
4. M. Hilgendorff, K. Diesner, H. Schulenburg, P. Bogdanoff, M. Bron, S. Fiechter // J. New Mater. Electrochem. Syst. 2002. V.5. P.71.
5. Gang Liu, Huamin Zhang, Jingwei Hu // Electrochem. Commun. 2007. V.9. P.2643.
6. V.I. Zaikovskii, K.S. Nagabhushana, V.V. Kriventsov, K.N. Loponov, S.V. Cherepanova, R.I. Kvon, H. Bonnemann, D.I. Kochubey, E.R. Savinova // J. Phys. Chem. 2006. V.110. P.6881.
7. M. Bron, P. Bogdanoff, S. Fiechter, I. Dorbandt, M. Hilgendorff, H. Schulenburg, H. Tributsch, J. Electroanal. Chem. 500 (2001) 510.

РАСТВОРИМОСТЬ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ОРГАНИЧЕСКИХ АБСОРБЕНТАХ

Нифантова Л.С., Матвиенко В.Г.

Донецкий национальный технический университет, Украина

Экспериментально исследована растворимость диоксида углерода в органических абсорбентах – этиленгликоле, диэтиленгликоле, триэтиленгликоле, γ -бутиролактоне и N-метилпирролидоне при температурах 0-50 °С и давлениях до 9 МПа. В системах диоксид углерода – гликоли при температурах ниже критической температуры CO_2 наблюдается появление второй жидкой фазы.

Диоксид углерода является нежелательным компонентом природного и многих технологических газов, содержание которого в некоторых случаях может достигать десятки процентов. При высоких парциальных давлениях диоксида углерода очистку газовых смесей целесообразно проводить органическими абсорбентами, которые растворяют этот компонент без химического взаимодействия с ним. Их емкость возрастает с ростом давления, а регенерация осуществляется путем сброса давления.

Для расчета различных технологических процессов с участием природных и технологических газов и при проектировании установок очистки этих газов и регенерации поглотителей требуются данные по растворимости диоксида углерода в органических абсорбентах в широком интервале температур и давлений.

В литературе в ряде случаев такие сведения носят отрывочный характер.

В связи с этим нами экспериментально изучена растворимость диоксида углерода в таких органических абсорбентах, как этиленгликоль (ЭГ), диэтиленгликоль (ДЭГ), триэтиленгликоль (ТЭГ), N-метилпирролидон (N-МП), γ -бутиролактон (γ -БЛ) [2] при температурах 0 – 50 °С и повышенных давлениях.

Исследование проводилось на установке, разработанной на кафедре физической и органической химии ДонНТУ. Эта методика определения равновесных параметров может быть отнесена к группе полумикрометодов, поскольку она требует малого расхода компонентов – до 2-3 г [1]. Эксперимент проводился в прозрачной ячейке из кварцевого стекла, объем которой мог изменяться путем сжатия содержимого ртутью. В ячейку загружали исследуемый абсорбент, затем удаляли воздух с помощью вакуум-насоса. Массу дегазированного абсорбента определяли взвешиванием на аналитических весах вакуумированной ячейки до и после ее загрузки. Затем в ячейку намораживали диоксид углерода путем погружения ее в жидкий азот. Далее опять взвешивали для точного

определения массы загруженного диоксида углерода. Ячейку с загрузкой помещали в термостат с нужной температурой, и после установления равновесия фиксировали равновесное давление в системе и измеряли высоты жидкой и газовой фаз, позволяющие определить концентрацию растворенного диоксида углерода в абсорбенте.

Результаты экспериментального исследования в виде изотерм представлены на рис. 1-5.

Как видно из рисунков, в системах диоксид углерода – гликоли наблюдается расслоение в жидкой фазе при температурах ниже критической температуры CO_2 . Давление, при котором появляется вторая жидкая фаза, практически совпадает с давлением насыщенного пара чистого диоксида углерода. Это говорит о том, что вторая жидкая фаза представляет собой чистый CO_2 . Еще одним доказательством этого служат критические явления между второй (легкой) жидкой фазой и газообразным диоксидом углерода. В системе ЭГ- CO_2 расслоение жидкой фазы наблюдается при концентрации CO_2 13-14 мол.%, в системе ДЭГ- CO_2 – 33-37 мол.%, в системе ТЭГ- CO_2 – 43-46 мол.%. С ростом температуры область гетерогенности в жидкой фазе в системах CO_2 -ДЭГ и CO_2 -ТЭГ расширяется, а в системе CO_2 -ЭГ – сужается.

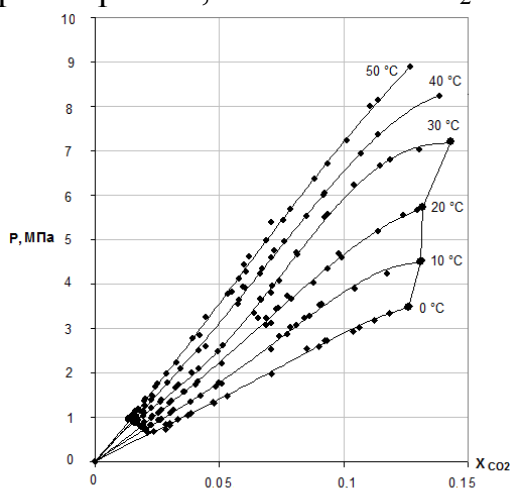


Рисунок 1 – Растворимость диоксида углерода в этиленгликоле при температурах 0-50 °С

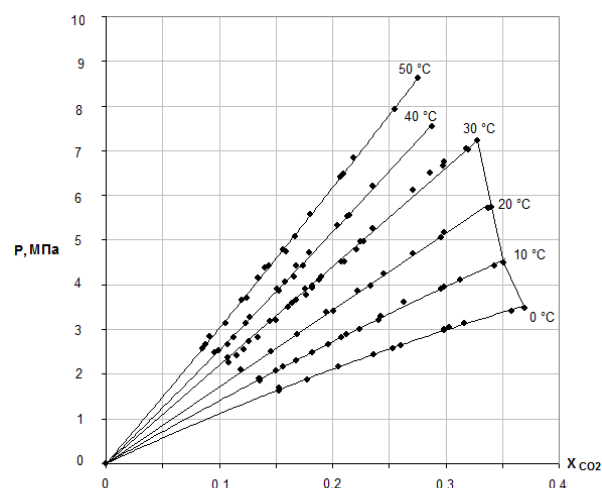


Рисунок 2 – Растворимость диоксида углерода в диэтиленгликоле при температурах 0-50 °С

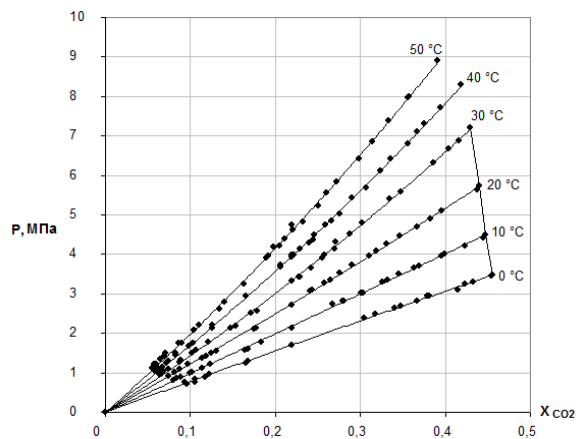


Рисунок 3 – Растворимость диоксида углерода в триэтиленгликоле при температурах 0-50 °С

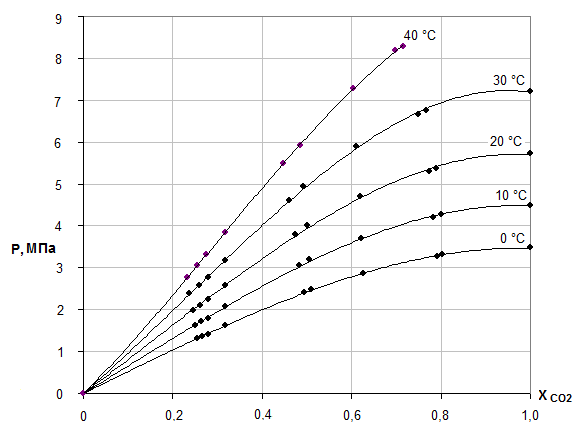


Рисунок 4 – Растворимость диоксида углерода в γ -бутиролактоне при температурах 0-40 °С

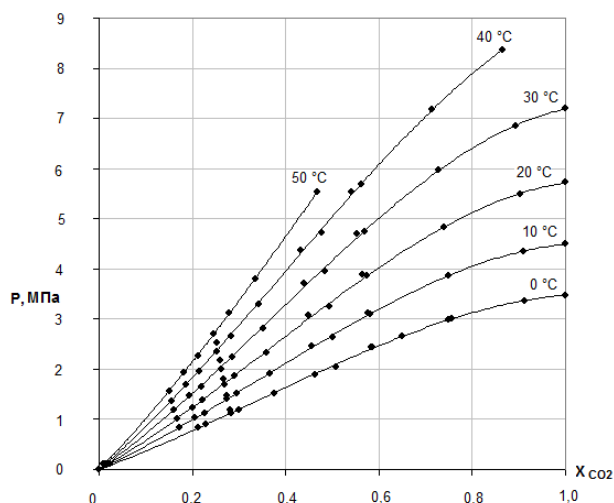


Рисунок 5 - Растворимость диоксида углерода в N-метилпирролидоне при температурах 0-50 °С

Приводимые данные позволили рассчитать такие термодинамические характеристики, как активности, коэффициенты активности, избыточные энергии Гиббса диоксида углерода. На основании предложенного авторами метода расчета дифференциальных молярных теплот растворения летучего компонента в малолетучих растворителях на основе данных по равновесию жидкость-пар [3] определены эти теплоты для диоксида углерода в исследованных системах, а также его теплоты смешения и избыточные энтропии. Все эти данные необходимы для проведения расчетов, связанных с очисткой газов и могут быть использованы для развития теории растворов.

1. Ярым-Агаев Н.Л., Матвиенко В.Г., Грознер Ю.Л. Растворимость аргона в бензоле и гексане при повышенных давлениях // ЖПХ – 1995. – Т.68, № 2, С.198-202.
2. Матвиенко В.Г., Ярым-Агаев Н.Л. Равновесие жидкость-пар и объемные свойства жидкой фазы в системе γ -бутиролактон – диоксид углерода при повышенных давлениях // ЖПХ – 1999. – Т.72, №7, С. 1085 – 1089.
3. Матвиенко В.Г., Ярым-Агаев Н.Л., Куковинец Е.В., Нифантова Л.С. Определение термодинамических характеристик компонентов в бинарных двухфазных системах с газовой фазой чистого компонента при повышенных давлениях // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: хімія і хімічна технологія. Випуск 119 (9). Донецьк - 2007. С. 44-54.

УСЛОВИЯ ПРОВАЛИВАНИЯ ПОДРЕШЕТНОЙ ЧАСТИЦЫ НЕПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИЕ ПРОСЕИВАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РОТОРА

Малеев В.Б., Журба В.В., Кудрявцев А.А.

Донецкий национальный технический университет, Украина

Описана динамика процесса проваливания подрешетной частицы через отверстия просеивающей поверхности при сепарации твердых промышленных и бытовых отходов.

Dynamics is described of a sub-lattice particle fall process through sifting surface slots at separation of solid industrial and sanitary (domestic) wastes.

Проблема утилизации твёрдых отходов промышленного и бытового происхождения приобретает в настоящее время всё более острый характер. Предварительное разделение твёрдых бытовых отходов даёт возможность полнее использовать их потенциал при дальнейшей переработке.

Ранее [2] было рассмотрено движение отдельной частицы (принимаемой за материальную точку) по внутренней поверхности кругового конуса, вращающегося вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью.

Для практических целей большой интерес вызывает исследование условия проваливания частицы неправильной геометрической формы.

Рассмотрим частицу неправильной формы (рис.1), обозначив ее характерные размеры: $2h$ - длина и $2b$ - высота. При этом $h > b$. Так как ширина частицы значительно меньше длины поперечной щели просеивающей поверхности, то этот размер частицы не обозначается и не рассматривается.

В подрешетный продукт легко попадут частицы, длина которых $2h$ меньше ширины щели H . Ниже приводятся результаты исследования процесса проваливания частицы неправильной геометрической формы через отверстие при наименее благоприятном случае, когда высота частицы $2b$ незначительно меньше ширины щели H .

В этом случае проваливание может осуществиться только при таком положении частицы, когда большая ее грань перпендикулярна плоскости щели.

На рис. 1 показаны силы, действующие на частицу неправильной формы при проваливании через щель.

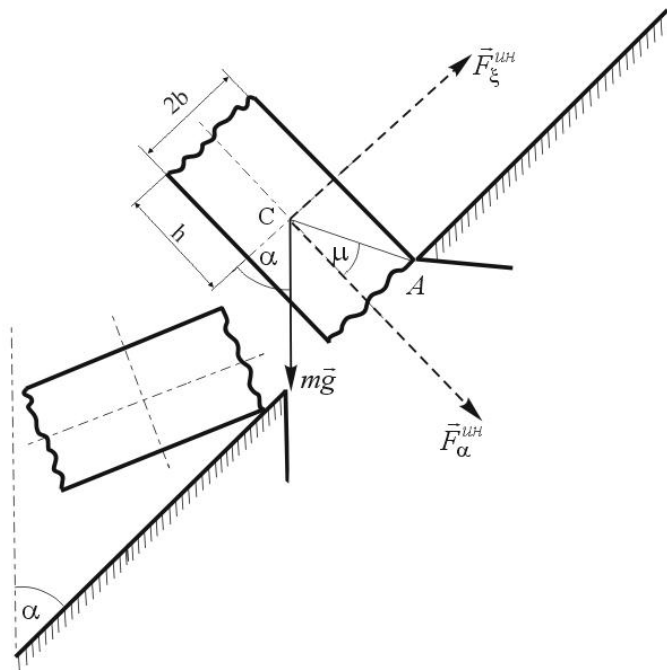


Рисунок 1 – Силы, действующие на частицу неправильной формы при проваливании через щель

Определяем расстояние от кромки щели до центра тяжести частицы:
 $AC = \sqrt{b^2 + h^2}$. Из рисунка 1 следует:

$$\operatorname{tg} \mu = b/h \quad (1)$$

Частица попадает в щель в том случае, если момент сил $m\vec{g}$ и \vec{F}_α^{un} относительно точки A будет больше момента силы \vec{F}_ξ^{un} относительно той же точки:

$$mg \cos \alpha AC \cos \mu + mg \sin \alpha AC \sin \mu + F_\alpha^{un} AC \sin \mu \geq F_\xi^{un} AC \cos \mu$$

После подстановки значений величин $F_\alpha^{un} = ma_\alpha$, $F_\xi^{un} = ma_\xi$ и сокращения на m и AC получим:

$$g \cos \alpha \cos \mu + g \sin \alpha \sin \mu + a_\alpha \sin \mu - a_\xi \cos \mu \geq 0.$$

Разделив каждое слагаемое на $\sin \mu$ получим:

$$a_\alpha + g \sin \alpha + (g \cos \alpha - a_\xi) \operatorname{ctg} \mu \geq 0.$$

С учетом (1) условие проваливания частицы неправильной формы примет вид:

$$a_\alpha + g \sin \alpha + (g \cos \alpha - a_\xi) \frac{h}{b} \geq 0$$

Своеобразная схема расчета характеризует процесс проваливания через щель частиц плоской формы. На рис.2 показаны силы, действующие на частицу плоской формы при проваливании через щель.

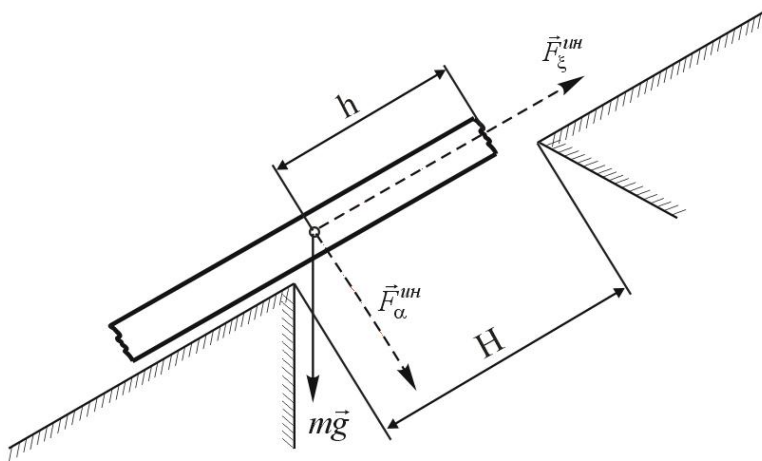


Рисунок 2 – Силы, действующие на частицу плоской формы при проваливании через щель

Для плоских частиц соотношение высоты и длины можно записать:

$$b \ll h.$$

Специфика этих частиц заключается в том, что, имея большую площадь боковых граней и малую высоту, они лишь скользят по просеивающей поверхности, не вращаясь вокруг оси.

В этом случае, плечо силы $\vec{F}_\xi^{ин}$ меньше

плеча силы $\vec{F}_\alpha^{ин}$ и плоские частицы, у которых размер h не превышает ширины щели H , неизбежно попадут в подрешетный продукт.

При выборе щели по размеру граничного зерна, $H \approx 2r_n^r$ [2], в подрешетный продукт будут проваливаться плоские частицы, половина продольного размера которых равна диаметру граничного зерна разделения, т.е.: $h_{пл} \approx d_n^r$.

Таким образом, в процессе центробежной классификации в надрешетном продукте уменьшается относительное содержание плоских частиц.

1. В.В. Журба, Ф.Н. Булгаков, Б.Б. Зельдин, Л.Н. Горохова Баллистическое обогащение полезных ископаемых // Обогащение полезных ископаемых, Выпуск 35, 1985

2. Малеев В.Б., Журба В.В., Кудрявцев А.А. Влияние коэффициента трения скольжения на движение твердых частиц через щели вращающейся конической поверхности. Экологические проблемы промышленных мегаполисов // Сборник трудов IV международной научно-практической конференции / под ред. М.Г. Беренгартена, В.В. Бирюкова, С.И. Вайнштейна и др. – М.: МГУИЭ, 2007. – 416 с.; ил.

СИСТЕМА РАСЧЕТА ОПАСНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ С УЧЕТОМ ЕГО ИЗНОСА

Топоров А.А., Акусов В.В., Локтионова А.А.

Донецкий национальный технический университет, Украина

В статье рассмотрена проблема обеспечения безопасности при работе химического оборудования. Предложена система предупреждения аварийных ситуаций с учетом изменения состояния оборудования в процессе эксплуатации.

Оборудование химической промышленности является постоянным источником потенциальной опасности для человека и окружающей среды. Это связано с особенностями работы данного оборудования: хранение, переработка, транспортировка токсичных, огнеопасных, взрывоопасных веществ; большие перепады давления, температуры, напряжений; работа в неустойчивых и коррозионных средах и пр. При проектировании учитывают ряд этих условий, рассчитывают степень опасности оборудования и размещают его с учетом этого. Однако расчет опасности оборудования проводится на момент первоначального состояния оборудования (на момент ввода в эксплуатацию) и не учитывается, что при эксплуатации происходит старение, химический и механический износ оборудования, изменяются свойства материалов, образуются дефекты. Т.е. увеличиваются действующие напряжения, повышается вероятность возникновения аварийной ситуации и аварии, следовательно, и опасность оборудования. Поэтому возникает необходимость проведения расчета опасности оборудования, не только на стадии проектирования, но и на стадии эксплуатации, при этом учитывая не только технологические параметры и характеристики оборудования, но и его текущее состояние (степень износа). Особенно это актуально для предприятий, которые эксплуатируют оборудование за пределами срока эксплуатации или приближаются к нему.

Для этого разрабатывается система предупреждения аварийных ситуаций при работе химического оборудования, которая позволяет рассчитывать опасность оборудования с учетом изменения состояния и давать рекомендации по снижению опасности оборудования.

Для расчета степени опасности оборудования разработан обобщенный критерий опасности, позволяющий учитывать накопленную энергию объекта, его состояние, наличие средств защиты и тяжесть последствий при возникновении аварии.

$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_4}{K_3}$$

K_1 - критерий зависящий от потенциала объекта

K_2 - критерий состояния, учитывающий степень износа объекта. В качестве этого критерия может выступать степень деградации,

информационная энтропия, коэффициент запаса прочности объекта, действующие напряжения и др.

K_3 - критерий сопротивления опасности, учитывающий степень оснащённости объекта средствами защиты и предотвращения возникновения опасности.

K_4 - критерий, определяющий тяжесть последствий при возникновении опасностей (экологический, экономический).

В качестве критерия состояния выбрана деградация объекта. Расчет степени деградации проводится с помощью многовекторной диаграммы (рис. 1), по осям которой откладываются параметры в относительных единицах (для детали) и степень деградации элементов (для расчета состояния оборудования в целом).

Первоначальное состояние объекта принимается за 100%, а предельно-допустимое за 0%. Для получения текущего состояния необходимо отложить по осям значения параметров на текущий момент и, соединив значения между собой, получим площадь многоугольника, характеризующая текущее состояние объекта. Разность первоначальной и текущей площадей является величиной деградации.

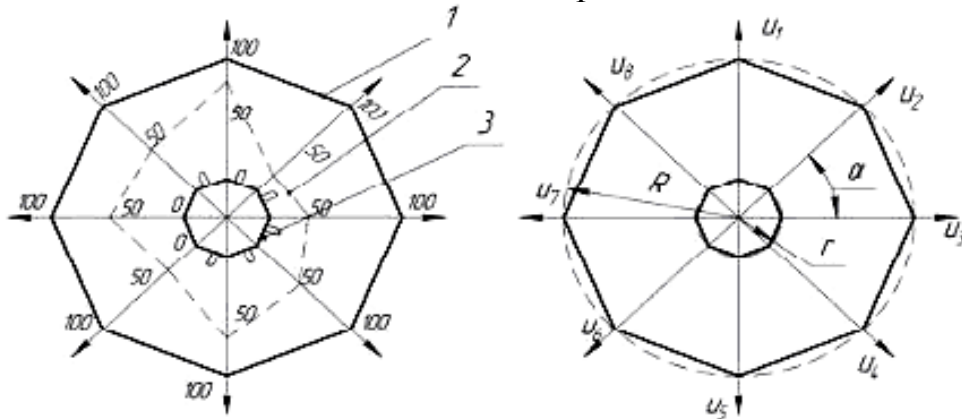


Рисунок 1 – К расчету изменения параметров элемента системы

1 – начальное состояние элемента системы; 2 – текущее состояние элемента системы; 3 – предельное состояние элемента технической системы.

Математическая модель реализована в виде программы, состоящей из 3-х частей: хранение и накопление информации, расчет основных параметров и зон потенциальной опасности и отображение результатов расчета (рис. 2).

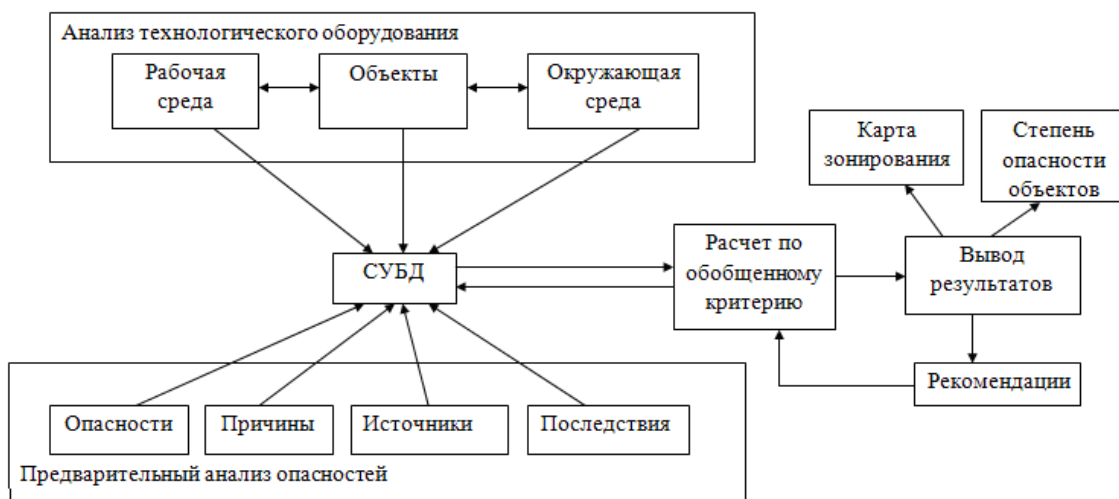


Рис.2 – Схема работы системы предупреждения аварийных ситуаций при работе химического оборудования

Первым этапом является создание и заполнение базы данных (СУБД). Для этого производится анализ технологического оборудования, и определяются такие данные об объекте, как структура, месторасположение, перерабатываемая среда, технологические параметры.

Технологический объект представляют в системном виде, т.е. как совокупность элементов, которые взаимодействуют между собой, а так же происходит взаимодействие с рабочей и окружающей средой. При этом в системе устанавливают элементы, их связи, входы и выходы и определяют для них параметры. Среди параметров выделяют конструктивные и эксплуатационные. По ремонтным ведомостям, агрегатным журналам, и пр. документации устанавливаются наиболее значимые параметры, которые в процессе эксплуатации изменяют свои свойства (табл.1). Такими параметрами выступают величина шероховатости, линейные размеры, величина отклонения и т.д.

После определения основных параметров деталей, заносятся предельнодопустимые и номинальные значения этих параметров. Так же, периодически, во время осмотров, плановопредупредительных ремонтов проводятся замеры основных параметров и заносятся в СУБД. Для некоторых деталей расчет параметров проводится по существующим методикам.

Таблица 1 – К определению параметров объекта

Объекты	Основные параметры											
	Конструктивные параметры						Эксплуатационные					
Элементы												
	р1а1	р1а2	р1а3	р1а4	р1а5	р1а6	р1а7	р1а8	р1а9	р1а10	р1а11	р1а12
X ₁	P(x ₁) ₁	P(x ₁) ₂	P(x ₁) ₃	P(x ₁) ₄	P(x ₁) ₅	P(x ₁) ₆	P(x ₁) ₇	P(x ₁) ₈	P(x ₁) ₉	P(x ₁) ₁₀	...	P(x ₁) _n
	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	...
X ₂	P(x ₂) ₁	P(x ₂) ₂	P(x ₂) ₃	P(x ₂) ₄	P(x ₂) ₅	P(x ₂) ₆	P(x ₂) ₇	P(x ₂) ₈	P(x ₂) ₉	P(x ₂) ₁₀	...	P(x ₂) _n
	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	...
X ₃	P(x ₃) ₁	P(x ₃) ₂	P(x ₃) ₃	P(x ₃) ₄	P(x ₃) ₅	P(x ₃) ₆	P(x ₃) ₇	P(x ₃) ₈	P(x ₃) ₉	P(x ₃) ₁₀	...	P(x ₃) _n
	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	...
...
X _i	P(x _k) ₁	P(x _k) ₂	P(x _k) ₃	P(x _k) ₄	P(x _k) ₅	P(x _k) ₆	P(x _k) ₇	P(x _k) ₈	P(x _k) ₉	P(x _k) ₁₀	...	P(x _k) _n
	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	...
Внутренние связи												
Z ₁₋₂	P(z ₁₋₂) ₁	P(z ₁₋₂) ₂	P(z ₁₋₂) ₃	P(z ₁₋₂) ₄	P(z ₁₋₂) ₅	P(z ₁₋₂) ₆	P(z ₁₋₂) ₇	P(z ₁₋₂) ₈	P(z ₁₋₂) ₉	P(z ₁₋₂) ₁₀	...	P(z ₁₋₂) _n
	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	...
Z ₂₋₃	P(z ₂₋₃) ₁	P(z ₂₋₃) ₂	P(z ₂₋₃) ₃	P(z ₂₋₃) ₄	P(z ₂₋₃) ₅	P(z ₂₋₃) ₆	P(z ₂₋₃) ₇	P(z ₂₋₃) ₈	P(z ₂₋₃) ₉	P(z ₂₋₃) ₁₀	...	P(z ₂₋₃) _n
	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	...
Z ₃₋₅	P(z ₃₋₅) ₁	P(z ₃₋₅) ₂	P(z ₃₋₅) ₃	P(z ₃₋₅) ₄	P(z ₃₋₅) ₅	P(z ₃₋₅) ₆	P(z ₃₋₅) ₇	P(z ₃₋₅) ₈	P(z ₃₋₅) ₉	P(z ₃₋₅) ₁₀	...	P(z ₃₋₅) _n
	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	...
...
Z _{k-n}	P(z _{k-n}) ₁	P(z _{k-n}) ₂	P(z _{k-n}) ₃	P(z _{k-n}) ₄	P(z _{k-n}) ₅	P(z _{k-n}) ₆	P(z _{k-n}) ₇	P(z _{k-n}) ₈	P(z _{k-n}) ₉	P(z _{k-n}) ₁₀	...	P(z _{k-n}) _n
	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	...
Внешние связи												
V ₄₋₁	P(v ₄₋₁) ₁	P(v ₄₋₁) ₂	P(v ₄₋₁) ₃	P(v ₄₋₁) ₄	P(v ₄₋₁) ₅	P(v ₄₋₁) ₆	P(v ₄₋₁) ₇	P(v ₄₋₁) ₈	P(v ₄₋₁) ₉	P(v ₄₋₁) ₁₀	...	P(v ₄₋₁) _n
	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	...
V ₂₋₃	P(v ₂₋₃) ₁	P(v ₂₋₃) ₂	P(v ₂₋₃) ₃	P(v ₂₋₃) ₄	P(v ₂₋₃) ₅	P(v ₂₋₃) ₆	P(v ₂₋₃) ₇	P(v ₂₋₃) ₈	P(v ₂₋₃) ₉	P(v ₂₋₃) ₁₀	...	P(v ₂₋₃) _n
	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	...
W ₁₋₂	P(w ₁₋₂) ₁	P(w ₁₋₂) ₂	P(w ₁₋₂) ₃	P(w ₁₋₂) ₄	P(w ₁₋₂) ₅	P(w ₁₋₂) ₆	P(w ₁₋₂) ₇	P(w ₁₋₂) ₈	P(w ₁₋₂) ₉	P(w ₁₋₂) ₁₀	...	P(w ₁₋₂) _n
	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	0,0-0,0M	...

Затем проводится предварительный анализ опасностей (ПАО), где определяются основные опасности, причины возникновения, источники аварийных ситуаций и возможные последствия. Результаты ПАО так же заносятся в СУБД.

На основании накопленных данных о технологическом оборудовании программа производит расчет по обобщенному критерию опасности.

Одним из основных модулей при расчете обобщенного критерия является модуль расчета критерия состояния, который позволяет по накопленным данным проводить расчет текущего состояния деталей, узлов и всего объекта в целом. Результаты расчета состояния выдаются, в численном виде и в виде многовекторных графиков (рис.3). Этот модуль может использоваться отдельно от всей системы для планирования ремонтных работ.

Для отображения результатов в графическом виде берется карта цеха, хранящаяся в СУБД, создается локальная система координат, наносится масштабная сетка. На основании данных о месторасположении и размерах отображается оборудование и характеризуется как опасные производственные объекты. Затем производят расчет по обобщенному критерию, и отображаются зоны потенциальной опасности оборудования. После проведения расчета выводятся рекомендации по снижению опасности оборудования и проводится повторный расчет с учетом предложенных рекомендаций.

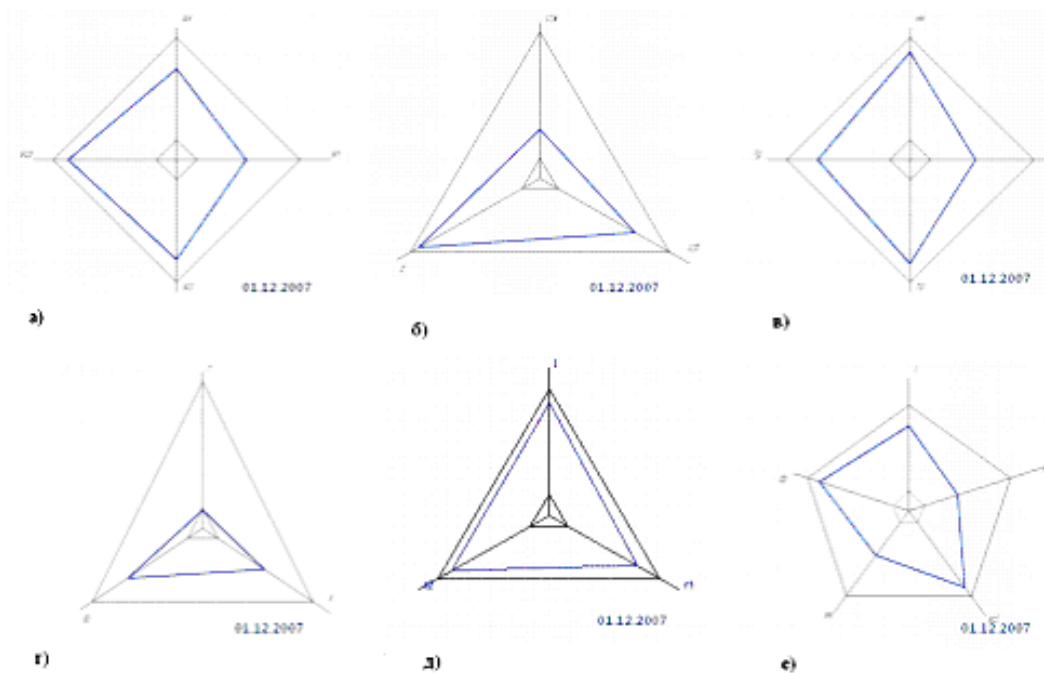


Рисунок 3 – Расчет критерия состояния для различных деталей
а – клин нижний правый; б – возвратная пружина; в – плита дробящая подвижная; г – сухарь; д – плита распорная; е – вал.



Рисунок 4 - Расчет зон потенциальной опасности по обобщенному критерию опасностей

Результаты расчета по обобщенному критерию выводятся на экран как в численном, так и в графическом виде, в виде зон потенциальной опасности (рис.4).

Основными направлениями по снижению опасности объектов химической промышленности являются:

1. Высокий первоначальный уровень состояния оборудования.
2. Соблюдение правил эксплуатации.
3. Своевременный ремонт оборудования.
4. Сокращение числа людей в потенциально опасных зонах.

5. Установка автоматизированных систем управления и обеспечения безопасности.

6. Расположение наиболее опасных объектов на удаленных участках от технологического оборудования.

1. Топоров А.А., Парфенюк А.С., Власов Г.А. Оценка техногенной безопасности технологических комплексов / Экологические проблемы промышленных мегаполисов: Материалы международной научной конференции. В 2-х томах. Донецк, 2006. Т.1. С.220-224.

2. Акусов В.В., Локтионова А.А., Топоров А.А. Система предупреждения недопустимых техногенных ситуаций при работе химического оборудования / Экологические проблемы промышленных мегаполисов: Материалы международной научной конференции. В 2-х томах. Донецк, 2008. Т.1. С.220-224.

3. Акусов В.В., Топоров А.А. Исследование изменения технического состояния систем при их эксплуатации. VII Міжнародна наукова конференція аспірантів та студентів. В 2-х томах. Донецк 2008. Т1. С.137-138.

4. Акусов В.В., Локтионова А.А., Топоров А.А. Система предупреждения недопустимых техногенных ситуаций при работе химического оборудования: Экологические проблемы промышленных мегаполисов: Материалы международной научной конференции. В 2-х томах. Донецк, 2006

УДК: 662.741

К РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОРОДНОГО ОТВАЛА УГЛЕБОГАЩЕНИЯ «АВДЕЕВСКОГО КХЗ»

¹Бутюгин А.В., ¹Узденников Н.Б., ¹Гнеденко М.В., ¹Антонова А.Л.,
²Власов Г.А., ²Кирбаба В.В.

¹Донецкий национальный технический университет, Украина
²ОАО «Авдеевский коксохимический завод», Украина

Породные отвалы углеобогащения занимают значительные площади и загрязняют окружающую среду пылью и кислыми стоками. Основными проблемами этих отвалов являются высокая дисперсность твердых частиц, высокая концентрация тяжелых металлов, кислое рН породы и стоков. Такие отвалы практически не подвергаются естественному зарастанию со временем. Одним из путей уменьшения экологической опасности отвалов является их биорекультивация.

Цель работы - изучение свойств породы отвала углеобогащения Авдеевского коксохимзавода и возможности их рекультивации.

Для изучения взяты образцы породы с площадей, которые были отсыпаны несколько лет назад. Были определены следующие свойства этой породы: влажность = 6,1%, насыпная плотность = 1,25 г/см³; зольность = 76,7%, гранулометрический состав (фракции > 5мм – 28%; < 3мм – 52%; < 1мм – 20%), рН водной вытяжки = 3,2-3,6 (получена при соотношении

вода : порода = 10:1). Мокрый рассев исходной породы показал, что во фракции > 5мм содержится 46% частиц менее 1 мм; во фракции 5-3 мм – 44% частиц менее 1 мм; во фракции 2-3 мм – 37% частиц менее 1мм; во фракции 1-2 мм – 56% частиц менее 1 мм. Этот факт свидетельствует о том, что содержание мелких фракций (менее 1 мм) в исходной породе преобладает и в сухом виде частицы породы агрегированы. В водной вытяжке обнаружено значительное количество сульфатов и железа. На основании полученных данных сделан вывод, что в породе углеобогащения изначально содержится много пирита, окисление которого приводит к образованию серной кислоты и растворимых солей тяжелых металлов. Наличие в породе около 24% органических веществ угля может являться причиной образования гуминовых веществ в результате процессов окисления. Для проверки этого предположения была получена 0,5% аммиачная водная вытяжка при соотношении п:ж =1:5 (время контакта при периодическом встряхивании – 48 часов). Фотоколориметрический спектр (315-540 нм) водной аммиачной вытяжки из породы оказался идентичным спектрам гуминовых веществ почвы, торфов и углей (рис. 1).

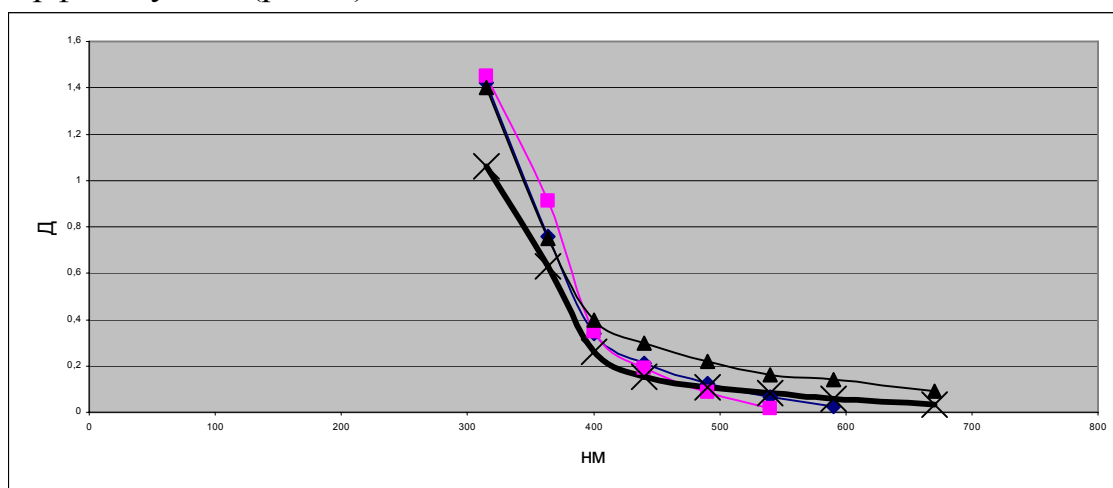


Рис. 1. Спектры фульватов аммония торфов (■, ■), бурого угля (▲) и аммиачной (0,5%) водной вытяжки из породы углеобогащения Авдеевского КХЗ (X)

Учитывая кислое рН, можно сказать, что гуминовые вещества представлены преимущественно фульвокислотами [1]. Концентрация этих веществ в полученной вытяжке порядка 1-10 мг/л. Наличие в породе относительно большого количества органики (около 24%), а также водорастворимых гуминовых веществ свидетельствует о потенциальных плодородных свойствах породы отвала углеобогащения.

На основании данных о кислотности водной вытяжки были рассчитаны минимальные дозы мелиоранта для нейтрализации. В качестве мелиоранта был использован измельченный мел. Применение мела в качестве мелиоранта позволяет не только уменьшить кислотность породы, но и уменьшить ее объемную плотность, стимулировать

агрегатообразование (коагуляцию мелких частиц) [2]. В таблице 1 приведены свойства исходной и нейтрализованной породы углеобогащения АКХЗ.

Таблица 1. Свойства породы отвала углеобогащения Авдеевского КХЗ

Показатели	исходная	Нейтр.(2г/кг)	Нейтр. 7г/кг)
Влажность, %	6,1	6,7	8,0
Зольность, %	76,7%	-	-
рН водной вытяжки	3,6-3,8	4,48	5,15
Насыпная плотность, г/см ³	1,25	-	-

Для повышения плодородных свойств породы в нее добавляли различные гуминовые препараты (жидкий гумат аммония, остаточные угли, гумофоски на основе остаточных углей, гумивит) и адсорбенты-мелиоранты. Гуминовые вещества ответственны за плодородие почв и различные экологические процессы в биосфере [3].

Было проведено несколько серий лабораторных биологических опытов с использованием травы овсяницы. В первой серии опытов высаживали траву на исходную породу с добавками препаратов (Таблица 2).

Таблица 2. Результаты предварительных лабораторных опытов на породе Авдеевского КХЗ (газонная трава, 30 семян)

№№ пп	Препараты, внесенные в породу	Количество растений, шт через				
		2 недели	3 недели	4 недели	5 недель	6 недель
1	Контроль - вода	0	0	0	0	0
2	Гумат аммония 10 ^{-3%}	0	0	0	0	0
3	Гумат аммония, 10 ^{-2%}	0	0	0	0	0
4	Б-1-1; ОУ-1	4	3	4(1*)	4(2*)	2
5	Б-1-3; ОУ-1	0	0	0	0	0
6	Б-2-1; ОУ-2	0	0	2	3	2(1*)
7	Б-2-2; ОУ-2	0	0	0	0	0
8	Б-2-3; ОУ-2	0	0	0	0	0
9	ЖКУ №41 (зерн)	0	0	0	0	0
10	ЖКУ-КМЦ №41 (зерн)	0	1	1	1	1*
11	Б-2-4; ОУ-2 (А ^с =22,1%)	2	4	8(3*)	8(5*)	2(6*)
12	Б-2-5, ОУ-2 (А ^с =22,1%)	0	0	0	0	0
13	ГК-ЖКУ для трав	0	0	1	1	1
14	ГК-ЖКУ-КМЦ для трав	0	0	0	0	0
15	Гумивит	2	2	0	0	0

* - погибшие растения

Трава возшла только в тех вариантах, где было введено достаточно большое количество остаточного угля (из расчета 10-14 т/га), имеющего щелочную среду. Всхожесть семян даже на этих участках не превышала 13%. Растения были чахлые, плохо развивались. В остальных вариантах семена не проросли.

Таблица 3. Результаты лабораторных опытов 2 на породе Авдеевского КХЗ (трава овсяница)

№№ пп	Препарат	окончание опыта 18 декабря 2007 года				Влажность после опытов, %
		кол-во, шт	средняя высота, см	У зеленая масса, г	ср. масса 1 раст.	
1	Контроль - вода	63	8,07	0,3842	0,0061	6,7
2	Гумат аммония 10 ^{-3%} ,	50	8,43	0,2462	0,0049	7,9
3	Гумат аммония, 10 ^{-2%} ,	51	6,71	0,2838	0,0055	7,1
4	Б-1-1; ОУ-1	64	7,74	0,4369	0,0068	11,3
5	Б-1-3; ОУ-1	63	9,60	0,4543	0,0072	8,0
6	Б-2-1; ОУ-2	63	10,73	0,4262	0,0068	9,5
7	Б-2-2; ОУ-2	65	8,59	0,4889	0,0075	7,5
8	Б-2-3; ОУ-2	52	7,33	0,3208	0,0062	8,7
9	ЖКУ №41 (зерн)	62	10,28	0,5228	0,0084	10,0
10	ЖКУ-КМЦ №41 (зерн)	63	11,26	0,6705	0,0107	10,5
11	Б-2-4; ОУ-2 (А ^с =22,1%)	54	5,44	0,2498	0,0046	11,5
12	Б-2-5, ОУ-2 (А ^с =22,1%)	58	14,27	0,4328	0,0075	7,1
13	ГК-ЖКУ для трав	55	9,8	0,4655	0,0085	11,7
14	ГК-ЖКУ-КМЦ для трав	80	8,06	0,5757	0,0072	11,9
15	Гумивит	73	9,42	0,6550	0,0090	10,0
16	Б ₄ ГФ-16-2-14-(1)	61	11,25	0,5838	0,0095	14,2
17	Б ₁₀ ГФ-16-2-14-(2)	61	9,54	0,6322	0,0104	13,6

Во второй серии опытов мел вводился из расчета 2 г на 1 кг породы. В результате влажность породы в контроле повысилась до 6,7%. Добавки гуминовых препаратов и адсорбентов-мелиорантов позволили повысить влажность породы до 7,1-14,2%. рН водной вытяжки была в пределах 4,3-5,1, что свидетельствовало о недостаточной еще нейтрализации кислотности. Однако во всех 19 вариантах трава проросла и достаточно

хорошо развивалась. Но в вариантах с высоким содержанием остаточного угля наблюдалось явное угнетение растений, вызываемое большой концентрацией гуминовых веществ (таблица 3).

В третьей серии опытов в породу было введено порядка 6-7 г мела на 1 кг породы. Влажность исходной породы поднялась до 8%. рН водной вытяжки = 5,12 (против 4,48 при добавлении 2 г мела на 1 кг породы). Растения также взошли во всех 19 вариантах. Лучшие результаты, полученные во второй и третьей сериях, практически совпали по вариантам. Наилучшие результаты дало введение бургумофосок и гумивита (таблица 4).

Следует отметить тот факт, что порода в процессе опыта уплотнялась от поливов и корневая система растений слабо развивалась.

По результатам 2-и 3 серий опытов были отобраны наиболее перспективные варианты. В 4 серии опытов в породу было введено порядка 6-7 г мела на 1 кг породы, а также обработанные полными минеральными удобрениями опилки листовенных пород (до 2% от массы породы). Опилки были в течение 30 суток замочены в растворе полных минеральных удобрений. После этого высушены до влажности 50%. Затем были введены отобранные гуминовые препараты. Было заложено два параллельных опыта. Выращивание овсяницы проводили в течение 60 суток. Полив осуществляли отстоянной водопроводной водой в количестве 40 мл в день через 2-3 суток в зависимости от температуры окружающей среды и влажности породы. Через 30 суток были проведены первые измерения (таблица 4).

Через 60 суток были зафиксированы окончательные результаты (таблица 5). Как видно из данных таблицы, большинство положительных результатов получено при применении бургумофоски (1). В целом в данной серии опытов получена достаточно высокая зеленая масса растений, а также корневой системы. Следует отметить, что после введения в состав породы опилок - в качестве разрыхляющей и влагоудерживающей компоненты - корневая система овсяницы хорошо развивалась и заняла практически весь объем породы.

На рис 2 (фото) приведен вид корневых систем после опытов.

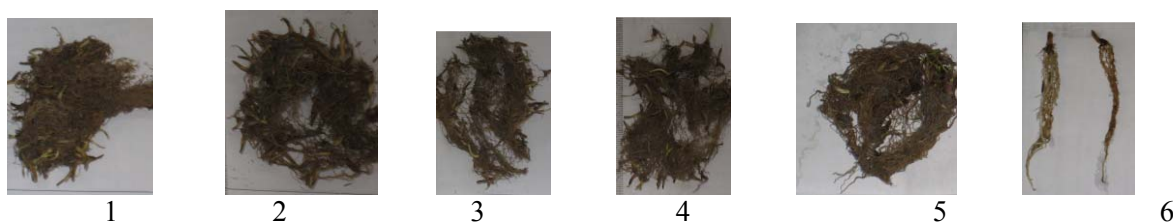


Рис. 2. Корневая система растений опыта № 4: 1 – контроль, 2 – БГФ-1, 3 – БГФ-2, 4- гумивит, 5 – ОБУ-2, 6 – ЖКУ-КМЦ

Таблица 4. Результаты лабораторных опытов 3 на породе Авдеевского КХЗ

№ № пп	Препарат	окончание опыта 28.02. 2008 г.						Влаж- ность после опыта, %
		кол- во, шт.	ср. высота, см	% к К	У зеленая масса, г	ср. масса 1 раст.	% к К	
1	Контроль - вода	71	9,20	100	0,6450	0,0091	100	9,7
2	Гумат аммония, 10 ^{-3%} ,	59	10,21	111	0,6278	0,0106	117	7,4
3	Гумат аммония, 10 ^{-2%} ,	80	9,75	106	0,6713	0,0084	92	10,8
4	Б-1-1; ОУ-1	75	9,56	104	0,5980	0,0080	88	11,5
5	Б-1-3; ОУ-1	71	10,75	117	0,7137	0,0101	111	11,0
6	Б-2-1; ОУ-2	76	8,55	93	0,5518	0,0073	80	9,9
7	Б-2-2; ОУ-2	72	10,68	116	0,6867	0,0095	105	10,8
8	Б-2-3; ОУ-2	71	10,72	117	0,7269	0,0102	113	10,1
9	ЖКУ № 41	64	11,23	122	0,6157	0,0096	106	9,9
10	ЖКУ-КМЦ № 41	72	11,80	128	0,7519	0,0104	115	10,3
11	Б-2-4; ОУ-2	59	7,15	78	0,3701	0,0063	69	12,8
12	Б-2-5; ОУ-2	69	10,61	115	0,6743	0,0098	108	11,6
13	ГК-ЖКУ	64	10,58	115	0,6049	0,0095	104	11,8
14	ГК-ЖКУ-КМЦ	61	10,36	113	0,5779	0,0095	104	11,1
15	Гумивит	74	12,62	137	0,9308	0,0126	138	8,3
16	<u>Б₄ГФ-16-2-14-(1)</u>	70	12,98	141	1,0598	0,0151	167	9,4
17	Б ₁₀ ГФ-16-2-14-(2)	72	10,98	119	0,8651	0,0120	132	11,4

Таблица 5. Результаты учета лабораторных опытов 4 на породе Авдеевского КХЗ

№ вар.	Препарат	Промежуточные рез-ты 26.05.08 г.				
		Окончание опыта 26.06.08				
		Кол- во, шт	Ср.высота, см	Узеленая масса, г	Ср. масса 1 раст.	Масса корней, г
1	Контроль – вода	77	21,0532	7,1626	0,0930	0,3281
		73	27,2041	11,975	0,1640	0,6732
8	Б-2-3; ОУ-2	81	17,1728	5,4604	0,0674	0,3547
		76	19,4470	8,444	0,1111	0,4104
10	ЖКУ-КМЦ №41	71	10,1592	1,8943	0,0267	0,2838
		51	18,5118	5,667	0,1111	0,5478
15	Гумивит	73	21,8493	5,8555	0,0802	0,2071
		77	26,8338	11,530	0,1497	0,4532
16	<u>Б₄ГФ-16-2-14-(1)</u>	75	20,7960	7,0004	0,0933	0,1426
		71	28,1915	12,463	0,1755	0,5227
17	Б ₁₀ ГФ-16-2-14-(2)	64	20,5125	5,4273	0,0848	0,2552
		80	23,7225	10,810	0,1351	0,5054

В таблице 6 приведены результаты 5 серии опытов, в которой были приготовлены грунтосмеси на основе нейтрализованной породы отвала углеобогащения. К породе добавляли опилки, обработанные предварительно минеральными удобрениями (30 суток выдержки), а также почва (из под клена, содержание органического вещества = 14%, влажность = 10,9%). Почва добавлена с целью повышения влагоудерживающих свойств. Из данных таблицы видно, что повышение процентного содержания почвы приводит к повышению биологической активности грунтосмеси. Добавка удобрений и гумивита ухудшает характеристики (меньше зеленая масса травы и корней). Это связано с тем, что в более удобренной почве корневая система всегда меньше, так как ей нет необходимости развиваться для получения питательных веществ.

В таблице 7 приведены результаты 7-й серии опытов, в которых проведено сравнительное изучение роста зеленой массы и корней овсяницы и газонной травы.

Таблица 7. Сравнительное выращивание овсяницы и газонной травы на грунтосмеси

№№ пп	составы	Растения	окончание опыта					
			кол- во, шт	h _{ср} , см	∑m Сырой зелен., г	масса сухих корней ,г	сырая масса 1-го раст,г	pH водн. вытяжки 1:5грунт
1.	нейтрализованная порода + 4,5% опилок	овсяница	35	23,0657	8,1491	0,2674	0,2328	5,40
2	нейтрализованная порода + 4,5% опилок + БГФ-1	овсяница	12	19,2417	2,1863	0,0423	0,1822	5,36
3	нейтрализованная порода + 4,5% опилок	газонная	42	19,1762	4,3740	0,2936	0,1041	5,20
4	нейтрализованная порода + 4,5% опилок + БГФ-1	газонная	18	21,3111	3,6922	0,1680	0,2051	5,30
5	нейтрализованная порода + ~≥5% опилок	овсяница	41	23,2244	8,4082	0,5526	0,2050	5,60
6	нейтрализованная порода + ~≥5% опилок	газонная	39	21,1487	6,6300	0,4680	0,1700	5,61

Таблица 6. Изучение биологической активности грунтосмесей на основе породы углеобогащения. Трава овсяница.

№№ Вариан т	Препарат	окончание опыта 27.08.08 Г.				
		кол-во, шт	ср.высот а, см	Узеленая масса, г	ср. масса 1 раст.	масса корней, г
1	Контроль – нейтр. порода	67	18,8537	2,4253	0,0362	0,2038
2	нейтр. порода + опилки (2%)	59	26,8833	4,1165	0,0698	0,1424
3	нейтр. порода + 2% опилок + 2% почвы	56	20,9500	4,6557	0,0831	0,2090
4	нейтр. порода + 2% опилок + 5% почвы	61	21,2853	5,9861	0,0981	0,2183
5	нейтр. порода + 2% опилок + 2% почвы + гумивит	50	23,0600	4,1096	0,0822	0,1379
6	нейтр. порода + 2% опилок + 2% почвы + <u>Б₄ГФ-16-2-14-(1)</u>	27	21,2556	2,5328	0,0938	0,0551
7	нейтр. порода + 2% опилок + 5% почвы + гумивит	61	19,8459	5,6250	0,0922	0,2071
8	нейтр. порода + 2% опилок + 5% почвы + <u>Б₄ГФ-16-2-14-(1)</u>	53	20,9283	3,5011	0,0661	0,0862
9	нейтр.порода + 2% опилок + 2% почвы + Б-2-3; ОУ-2	57	19,7316	2,0160	0,0354	0,1044
10	нейтр. порода + 2% опилок + 2% почвы + гумат	53	19,6698	3,6209	0,0683	0,1528
11	нейтр.порода + 2% опилок + 5% почвы +Б-2-3; ОУ-2	60	18,9633	4,1789	0,0692	0,1916
12	нейтр.порода + 2% опилок + 5% почвы + гумат	57	20,8158	3,8170	0,0670	0,1003
13	нейтр.порода + 2% опилок + 2% почвы + ГК-ЖКУ № 41 N ₃₀ P ₃₃ K ₁₅ г/л	21	15,4381	1,8610	0,0886	0,0334
14	нейтр.порода + 2% опилок + 2% почвы + ЖКУ-КМЦ № 41 N ₆₀ P ₆₆ K ₃₀ г/л	39	17,7385	2,0186	0,0518	0,0744

Результаты 7-й серии опытов подтверждают данные 6-й серии в плане отрицательного влияния снижения продуктивности зеленой массы и корней при добавке удобрений. Этот факт также подтверждает достаточно высокие плодородные свойства самой нейтрализованной породы отвала углеобогащения Авдеевского коксохимзавода.

Таким образом, на основании анализа свойств исходной породы углеобогащения и результатов опытов на ней были получены положительные результаты при минимальных добавках компонентов. Подтверждена потенциальная плодородность породы. Недостатком является пока только низкие влагоемкость и влагоудержание модернизируемой породы. Дальнейшие опыты будут направлены на улучшение этих свойств.

1. Нестеренко Л.Л., Бирюков Ю.В., Лебедев В.А. Основы химии и физики горючих ископаемых. - Киев: Вища школа, 1987. – 359 с.
2. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные удобрения. - М.: БИНОМ, Лаб. Знаний, 2007. – 311 с.
3. Гуминовые вещества в биосфере. – М.: МГУ, 2003. – 313 с.

УДК 662.741

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

¹Стручкова О.Ю., ¹Стручкова Т.Ю., ²Майданюк А.А.

¹Донецкий национальный технический университет, Украина
²ОАО «ЮЖНИИГИПРОГАЗ»

Предложены методы модернизации оборудования для осушки природного газа.

Важнейшей задачей в современном техногенно нагруженном мире является создание надежного оборудования и обеспечение безопасности его работы. Такими техногенно опасными объектами являются комплексы по добыче природного газа.

На промышленных установках осушки природного газа в качестве абсорбента как правило применяют триэтиленгликоль (ТЭГ). В соответствии с ГОСТ 12.1.007-76* «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» ТЭГ является веществом третьего класса опасности и весьма дорогим, поэтому его потери опасны для окружающей среды и приводят к убыткам.

При различных неполадках возникает угроза аварий и даже экологической катастрофы, для ликвидации последствий которых необходимы дополнительные финансовые затраты, а на восстановление природной среды потребуются многие годы.

Одним из решений указанной проблемы является повышение надежности оборудования, что увеличивает срок службы аппаратов и снижает затраты на ремонтные работы.

В технологии регенерации абсорбента (рис.1) систем осушки природного газа аппараты работают последовательно.

При последовательном подключении аппаратов вероятность их безотказной работы меньше таковой для самого ненадежного элемента, поэтому для повышения надежности схемы устанавливают резервное оборудование для каждого из аппаратов, и при этом увеличиваются капитальные затраты, обусловленные также увеличением количества трубопроводов и арматуры.

Согласно требованиям нормативных документов при монтаже оборудования необходимо устанавливать запорную арматуру (задвижки) для ремонтного или аварийного отключения аппаратов. Следовательно, увеличивается вероятность неполадок и затраты на ремонтные работы, что снижает вероятность безотказной работы комплекса.

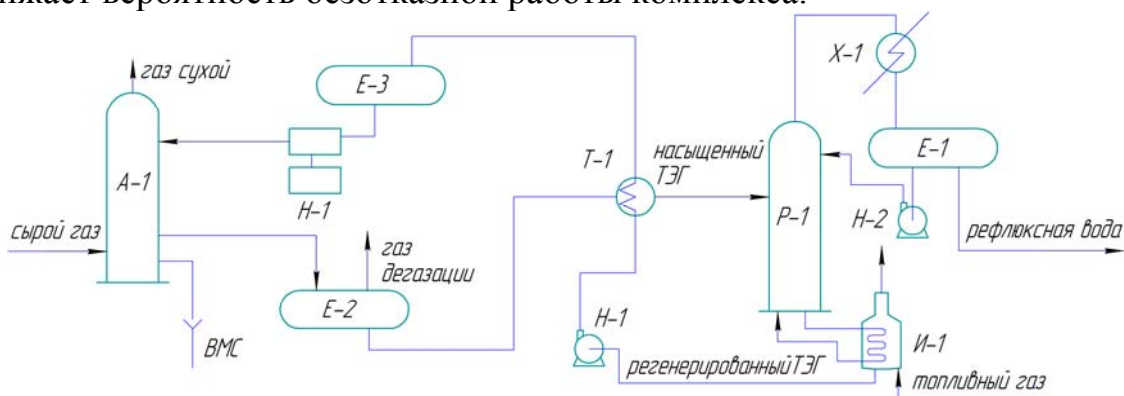


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема абсорбционной осушки газа атмосферной огневой регенерацией абсорбента

A-1 – многофункциональный аппарат; P-1 – колонна регенерации; T-1 – теплообменник “ТЭГ - ТЭГ”; X-1 – конденсатор; E-1, E-2 – емкости; H-1, H-2, H-3 – насосы; И-1 – испаритель

Для регенерации абсорбента, рекомендуется использовать огневой регенератор, схема которого приведена на рисунке 2. В данном аппарате все элементы объединены в компактный блок.

Гликоль при регенерации должен иметь высокую температуру, а на его нагрев уходит добываемый из скважин природный газ. В схему осушки природного газа входят и другие аппараты, но использование гликоля при высоких температурах происходит именно в указанных аппаратах, поэтому они и объединены в компактный блок. Преимуществом этой установки является сбережение ресурсов. При использовании данного

аппарата отсутствуют трубопроводы между аппаратами, а значит и потери тепла в них.

Также одним из путей повышения надежности технологической схемы осушки природного газа является модернизация абсорбера и его элементов.

Жидкость из сепарационной части абсорбера отводится на установку дегазации водометанольной смеси, а дальше на очистку и производственные нужды для чего требуется исключить возможность попадания в нее ТЭГа.

Для разделения сепарационной и массообменной секций в абсорберах часто используют колпачковую полуглухую тарелку (рис. 3). Несмотря на распространенность, такие тарелки имеют ряд серьезных недостатков: сварной шов затоплен, что приводит к повышенной коррозии; не возможна проверка на герметичность вне аппарата; использование сварочных работ при монтаже.

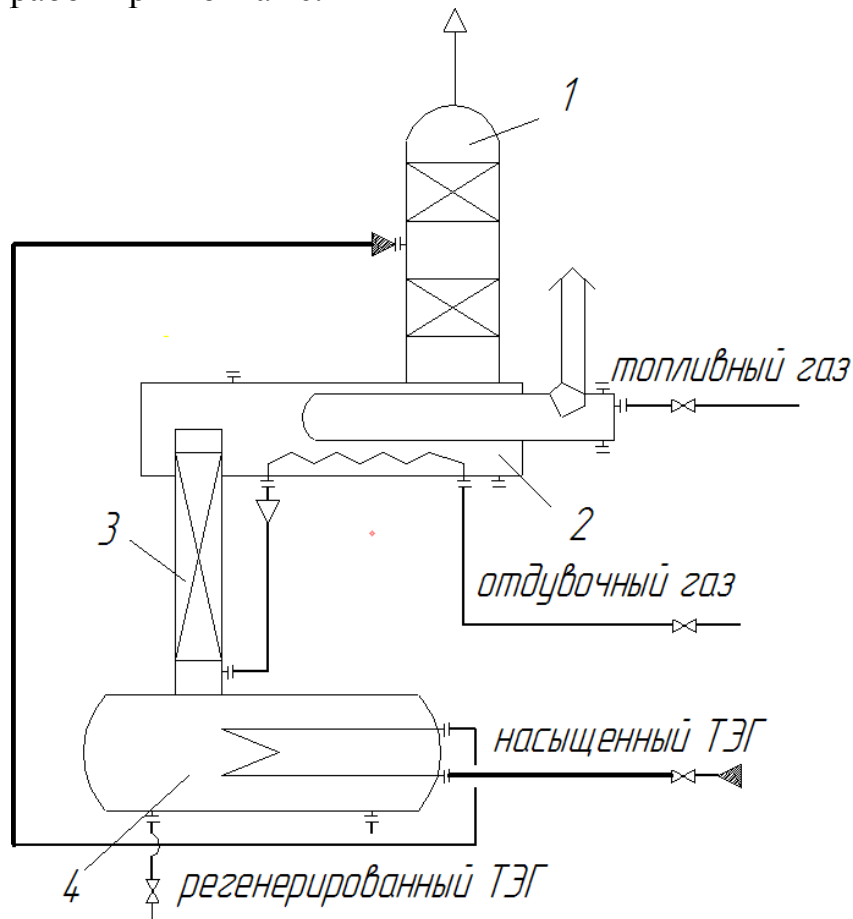
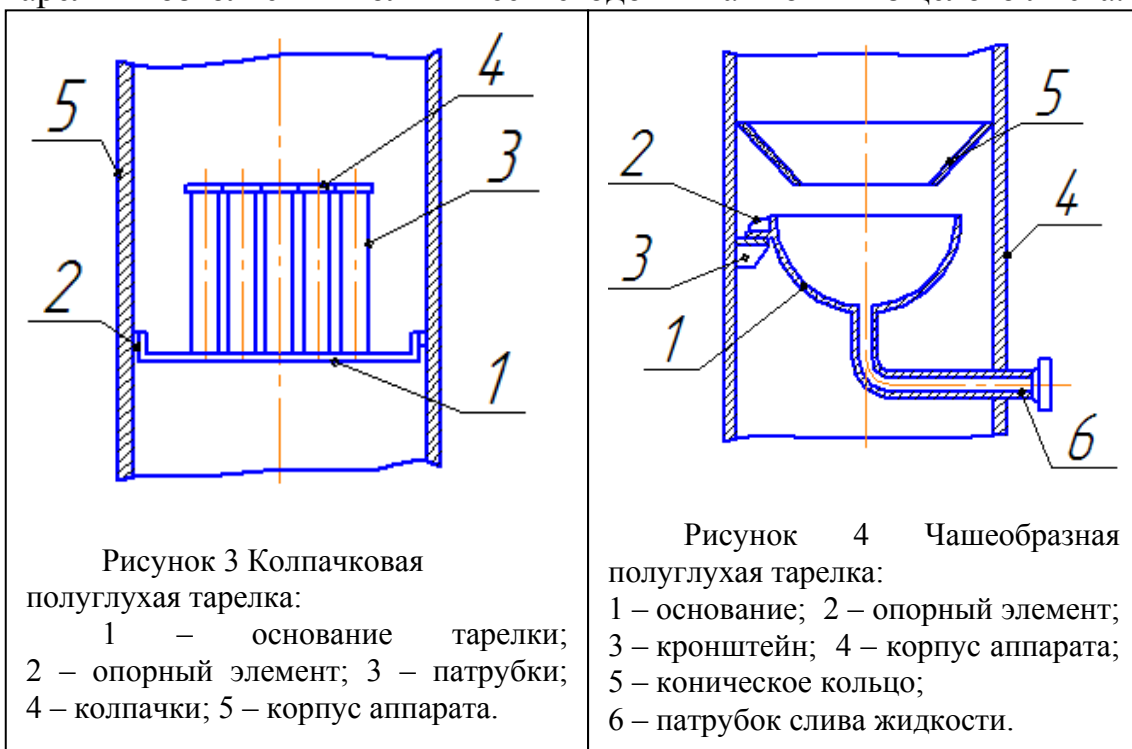


Рисунок 2 – Схема блока регенерации триэтиленгликоля

1 – ректификационная колонна; 2 – испаритель; 3 – отдувочная колонна; 4 – буферная емкость

Поэтому эффективнее использовать тарелку чашеобразной формы (рис. 4). Ее преимущества заключаются в следующем:

- исключена потеря жидкости, например, дорогостоящих абсорбентов, которые возможны при разгерметизации полуглухой тарелки с корпусом в местах сварки из-за температурных перепадов в аппарате. Конус выполнен диаметром меньшим, чем диаметр тарелки, что исключает провал жидкости ниже основания полуглухой тарелки. При этом герметичность крепления конического кольца к корпусу играет второстепенную роль, так как сварной шов не затоплен и жидкость по направляющей поверхности конуса свободно стекает на основание;
- упрощена конструкция за счет исключения приварки тарелки к корпусу, контроля полуглухой тарелки, так как она может быть проверена в рабочем (вертикальном) положении на герметичность вне аппарата наливом. Это упрощает конструкцию и монтаж;
- выполнена из металлов с различными линейными расширениями и биметаллов, так как основание не связано жестко со стенками корпуса и может свободно расширяться независимо от расширения стенок корпуса;
- легка в изготовлении, так как чашеобразная форма полуглухой тарелки позволяет выполнить ее методом штамповки из целого листа.



Данная схема аппарата существенно повышает надежность технологической линии, обеспечивая уменьшение вероятности появления неполадок. Что снижает вероятность аварий и загрязнения окружающей среды, а также уменьшает себестоимость осушки природного газа. Расчеты

надежности такой компоновки показывают ее существенные преимущества в сравнении с существующей схемой регенерации. Конструкция полуглухой тарелки имеет ряд преимуществ, которые не только упрощают ее монтаж, но и повышают надежность абсорбера.

1. Зиберт Г.К., Седых А.Д., Кащицкий Ю.А., Михайлов Н.В., Демин В.М. Подготовка и переработка углеводородных газов и конденсата. М.: ОАО "Недра-Бизнесцентр", 2001, 316с.

УДК:681.31:539.43

РАСЧЁТ НАДЁЖНОСТИ РЕАКЦИОННЫХ ТРУБ ПЕЧИ КОНВЕРСИИ МЕТАНА В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАНОЛА

Коростылёв А.В., Луганцев Л.Д.

Московский государственный университет инженерной экологии

Приведены результаты анализа влияния на надёжность и ресурс реакционных труб печей конверсии метана колебаний температурного воздействия.

Аварийные ситуации, связанные с отказами реакционных труб печей конверсии метана на крупнотоннажных производствах метанола могут привести к серьёзным экологическим последствиям. Постепенно развивающиеся процессы ползучести материала реакционных труб приводят к отказам, а повреждённость материала труб не всегда может быть выявлена методами неразрушающего контроля [1].

Кроме того, технические условия эксплуатации реакционных труб печей конверсии метана определяют вероятностный характер температурного воздействия. Даже при соблюдении технологической дисциплины выходы значений температуры изделий за границы номинальных значений возможны. По данным пирометрического контроля на отдельных предприятиях зафиксированы перегревы труб на 30 °С и даже более. Такие перегревы чрезвычайно опасны, существенно снижая остаточный ресурс труб, они приводят к аварийным разрушениям.

При этом зависимость скорости ползучести материала v_c от температуры T имеет сильно выраженную нелинейность. Для жаропрочных сталей и условий эксплуатации зависимость скорости ползучести от температуры является экспоненциальной [2].

На рис.1 показана зависимость скорости ползучести стали типа 45Х25Н20С (применяемой в качестве конструкционного материала) от температуры. Как видно из рис. 1, некоторой доле отклонения от номинального значения температуры T_0 соответствуют весьма высокие скорости ползучести, которые необходимо учесть при оценке ресурса оборудования.

Для численного исследования надёжности и ресурса рассматриваемых элементов оборудования нами разработаны

математическая модель кинетики вязкоупругого деформирования изделий как случайного процесса и метод расчёта вероятности безотказной работы $P(t)$ реакционных труб в условиях эксплуатации. Реализация разработанного метода осуществлена в виде программного комплекса «LifeTube».

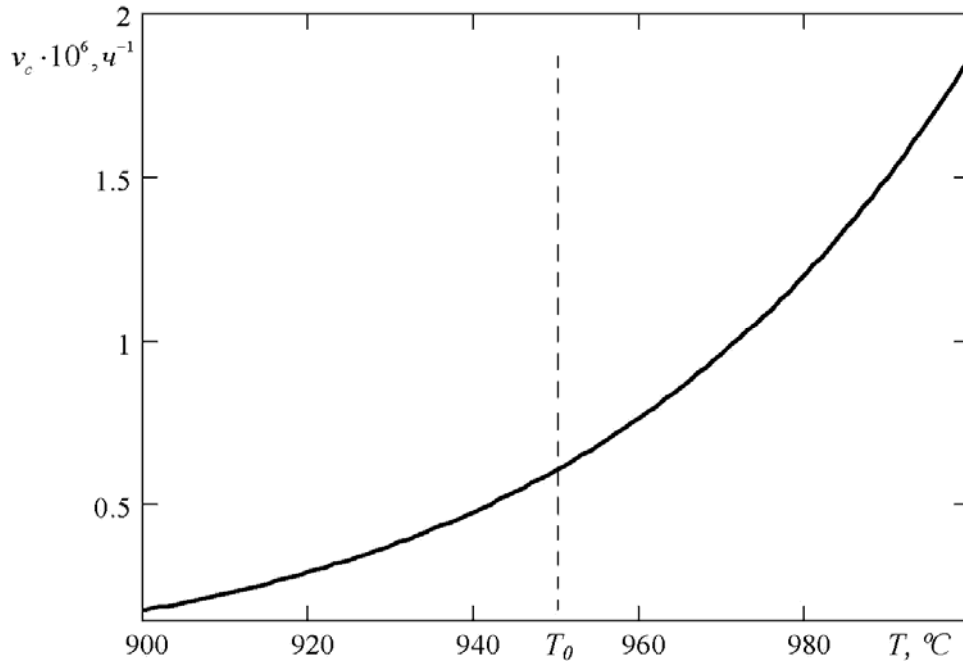


Рис. 1. Зависимость скорости ползучести стали типа 45X25H20C от температуры

Программный комплекс «LifeTube» применяли для изучения влияния разброса рабочей температуры изделий на распределение ресурса реакционных труб печей в производстве метанола. Расчёт проводился для разных значений среднеквадратического отклонений температуры труб от номинального значения. Номинальная температура изделий $T_0 = 950$ °C, температура труб распределена по нормальному закону. Диаметр труб $D = 115$ мм, толщина стенки $h = 10$ мм. Давление парогазовой смеси в трубах $q = 2,4$ МПа. Конструкционный материал – сталь 45X25H20C.

На рис. 2 показано относительное изменение (увеличение) диаметра трубчатого элемента $\Delta D / D_0$ печи в процессе установившейся ползучести с вероятностью безотказной работы $P = 0,99$ для трёх значений среднеквадратического отклонений температуры труб $\sigma_{T_1} = 10$ °C, $\sigma_{T_2} = 15$ C и $\sigma_{T_3} = 20$ °C. Расчёт производился с учётом изменения начальных размеров. Относительное изменение (уменьшение) толщины стенки трубы $\Delta h / h_0 = -\Delta D / D_0$. Предельно допустимое значение деформаций ползучести $\bar{\epsilon} = \Delta D / D_0 = 0,03$.

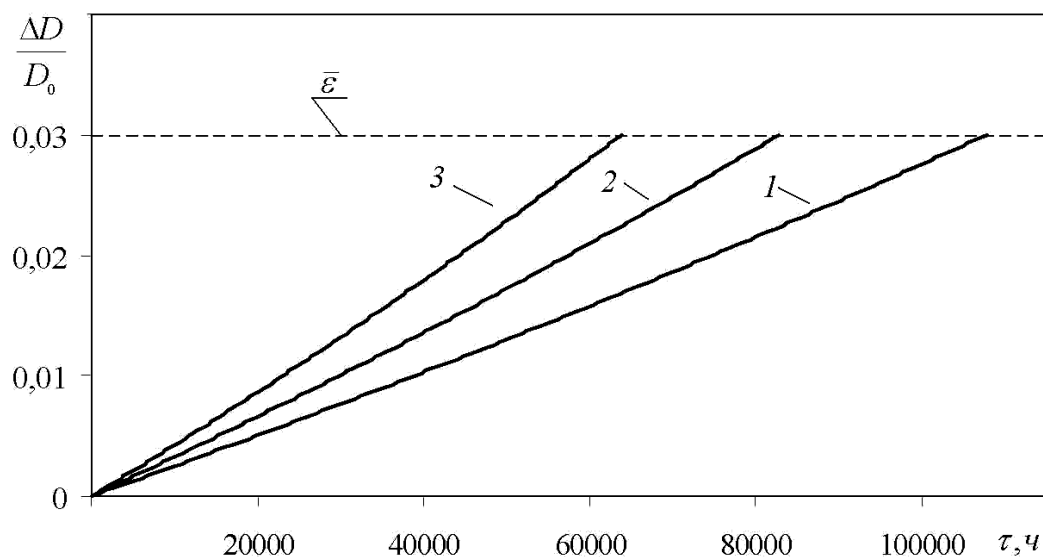


Рис. 2. Деформации ползучести трубчатого элемента с $P=0,99$
(1 – $\sigma_{T1} = 10$ °C; 2 – $\sigma_{T2} = 15$ °C; 3 – $\sigma_{T2} = 20$ °C)

При среднеквадратическом отклонении σ_{T1} ресурс трубчатого элемента $\bar{\tau}$ составляет 108000 ч., при σ_{T2} ресурс $\bar{\tau}$ равен 83000 ч., а при σ_{T3} $\bar{\tau} = 64000$ ч. Вероятности отказа при назначенном ресурсе труб 100000 ч. составляют 0,5%, 4% и 10% , для σ_{T1} , σ_{T2} и σ_{T3} соответственно.

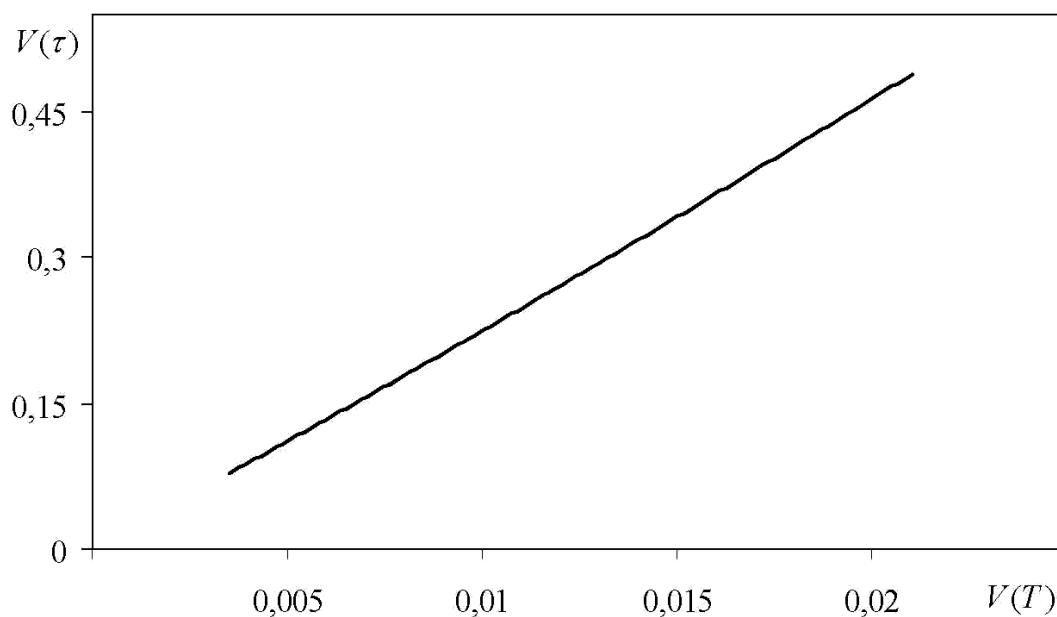


Рис. 3. Зависимость между коэффициентами вариации ресурса и температуры изделий

При этом разброс ресурса изделий значительно больше, чем разброс температуры стенки. Этот факт иллюстрирует рис. 3, на котором показана зависимость коэффициента вариации ресурса $V(\tau)$ от коэффициента вариации температуры стенки труб $V(T)$.

Умеренный разброс температуры стенки труб влечёт за собой значительный разброс ресурса изделий. Например, при коэффициенте

вариации температуры стенки $V(T) = \sigma_{T_1} / T_0 = 10/950 \approx 0,01$ имеем коэффициент вариации ресурса $V(\tau) \approx 0,25$. Таким образом, если температуры стенок труб имеет малый статистический разброс, этим разбросом нельзя пренебрегать при прогнозировании ресурса рассматриваемых элементов оборудования.

1. Луганцев Л.Д., Коростылёв А.В. Проблема расчётной оценки долговечности реакционных труб печей конверсии метана// XXVI научная конференция профессорско-преподавательского состава и сотрудников НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева. Тезисы докладов. Часть II/ ГОУ ВПО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковск, 2007, с. 65.

2. Малинин Н.Н. Расчёты на ползучесть элементов машиностроительных конструкций. – М.: Машиностроение, 1981.- 221 с.

УДК 61.01.94

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РОССИИ И ЕВРОПЕ

*Алиференкова М.А., Баранов Д.А., Клевлеев В.М., Кузнецова И.А.,
Ягафарова Р.Ф.*

Московский государственный университет инженерной экологии

Статья посвящена сравнительному анализу методов испытаний физико-химических свойств лакокрасочных материалов в рамках Регламента REACH и методов, действующих в РФ и изложенных в национальных стандартах.

Вследствие значительной интеграции российской экономики в мировую, ситуация и тенденции изменения мирового рынка химической и нефтехимической продукции оказывают существенное влияние на состояние и перспективы развития химического комплекса России. В рамках западноевропейского рынка химической и нефтехимической продукции введена программа REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals), направленная на выпуск и внешнеторговый обмен продукцией, обеспечивающей безопасность жизни и здоровья человека и окружающей природной среды. Так как лакокрасочная отрасль является одной из самых востребованных в химической промышленности, необходимо обеспечить согласованность европейского и российского законодательств в данной области.

В «Директиве № 440/2008 от 30 мая 2008 г., устанавливающей методы испытания согласно Регламенту (ЕС) № 1907/2006 Европейского Парламента и Совета по Регистрации, Оценке, Разрешению и Ограничению Химических веществ (REACH)» особое внимание производителей обращено на следующие основные свойства химических веществ [1]: температура плавления (кристаллизации), температура кипения,

относительная плотность, давление насыщенного пара, поверхностное натяжение, растворимость в воде, коэффициент распределения, температура вспышки, воспламеняемость, низкомолекулярное содержание полимеров и т.д. В настоящее время в российском законодательстве аналогичный нормативно-правовой документ отсутствует.

Требования национальных стандартов выделяют параметры, которые являются существенными только для конкретных веществ. В связи с этим показатели и характеристики физико-химических свойств веществ, например лакокрасочных материалов, не отражены в нормативно-правовых документах, и, прежде всего, в технических регламентах.

В национальных стандартах применительно к лакокрасочным материалам указываются такие параметры как: температура вспышки в открытом тигле; температура воспламенения; температура самовоспламенения; температурные пределы распространения пламени, условная вязкость, массовая доля нелетучих веществ.

Методики определения показателей, которые встречаются как в европейской Директиве, так и в российских национальных стандартах, схожи, но в Директиве № 440/2008 они более конкретизированы. Настоящий подход относится и к набору приборов, осуществляющих проверку физико-химических показателей свойств веществ. В качестве примера в таблице 1 приведен сравнительный анализ методов определения температуры вспышки в странах ЕС и России [2,3].

Сравнение методов определения температуры вспышки в закрытом тигле дается в таблице 2.

Следует отметить, что признание результатов испытаний странами ЕС возможно только в том случае, если их проводят в аккредитованных и признанных странами европейского сообщества испытательных лабораториях. Настоящее требование накладывает определенные сложности при экспорте российской химической продукции, в том числе и лакокрасочных материалов.

Таблица 1. Сравнительный анализ методов испытаний

Показатель	Методы испытаний в рамках Регламента REACH (Директива № 440/2008)	Методы испытаний, действующие в РФ и изложенные в национальных стандартах
Определение	Температура вспышки - самая низкая температура, при давлении 101 325 кПа и условиях, определенных в испытательном методе, при которой жидкость выделяет пары в таком количестве, что в испытательном сосуде возникает огнеопасная паровоздушная смесь.	Температура вспышки - наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивое горение при этом не возникает
Описание метода	Вещество размещают в испытательном сосуде и нагревают или охлаждают до температуры испытания согласно процедуре, описанной в индивидуальном испытательном методе. Испытания выполняют с целью установления вспышки образца при температуре испытания. Применяют равновесный и неравновесный методы.	Нагревают определенную массу вещества с заданной скоростью и периодически зажигают выделяющиеся пары, устанавливая факт наличия или отсутствия вспышки при фиксируемой температуре.
Приборы	<p>Аппарат Абеля, аппарат Абеля-Пенского, аппарат Тага, аппарат Пенски-Мартенса</p>  <p>Рис.1 Тигель с крышкой аппарата Пенски-Мартенса</p>	<p>Прибор ОТМ, прибор для определения температуры вспышки в открытом тигле по ГОСТ 12.1.044, прибор для определения температуры вспышки в закрытом тигле по ГОСТ 12.1.044, прибор ТВ с фарфоровым тиглем низкой формы № 5 по ГОСТ 9147</p>  <p>Рис.2 Прибор для определения температуры вспышки в закрытом тигле</p>
Примечания	Аппарат Пенски-Мартенса применяют в России для определения температуры вспышки в закрытом тигле для нефтепродуктов	

Таблица 2. Сравнение методов определения температуры вспышки в закрытом тигле

	ГОСТ 12.1.044-89	EN ISO 2719:2002
Требования к материалу тигля	коррозионностойкий металл	латунь или другой нержавеющий металл с аналогичной теплопроводностью
Высота тигля	(55,9±0,1) мм	(55,7-56,0) мм
Внутренний диаметр	50,8 мм	(50,7-50,8) мм
Глубина уровня заполнения от верхнего края тигля	21,8 мм	(21,7-21,8) мм
Наличие мешалки	да	да
Форма и размер пламени зажигающей горелки	шар (4,0±0,5) мм	шар от 3,0 до 4,0 мм
Подвод тепла к испытательному тиглю	с помощью нагревательной бани	с помощью нагревательной камеры, которая эквивалентна нагревательной бане
Способ нагревания воздушной бани	не указывается	газовым пламенем или наружным электронагревателем
Поправка на атмосферное давление в °С	$\Delta t = 0,27 \cdot (101,3 - p_a)$, где p_a - атмосферное давление, кПа.	$\Delta t = 0,25 \cdot (101,3 - p)$, где p_a - барометрическое давление окружающей среды, кПа.

Таким образом, в настоящее время назрела необходимость в существенной корректировке отечественной нормативно-правовой базы, касающейся требований безопасности и охраны окружающей среды, а также методик их проверки. Вместе с тем, решение поставленной задачи невозможно без проведения сопоставительного анализа применяемых способов и методик оценки основных показателей химических веществ в странах ЕС и России, а также подходов к процедуре аккредитации испытательных лабораторий.

1. Директива № 440/2008 от 30 мая 2008 г., устанавливающая методы испытания согласно Регламенту (ЕС) № 1907/2006 Европейского Парламента и Совета по Регистрации, Оценке, Разрешению и Ограничению Химических веществ (REACH). Official Journal of the European Union, 31.05.2008.
2. ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
3. ГОСТ Р EN ISO 2719-2008 Нефтепродукты. Методы определения температуры вспышки в закрытом тигле Пенски-Мартенса

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСКОВЫХ МАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ ВАЛОМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ РЕКТИФИКАЦИИ И АБСОРБЦИИ

Арцева М.В., Гусарова О.В., Бутков В.В.

Московский государственный университет инженерной экологии

Показана важность внедрения новых дисковых массообменных аппаратов, предотвращающих загрязнения окружающей среды.

Принцип работы установки основан на хорошо изученных процессах абсорбции и ректификации. Отличительной характеристикой этих аппаратов является совокупность новых (и простых) конструктивных решений и особенностей организации рабочего процесса: в горизонтальном корпусе, который разделен разделительными перегородками (дисками с центральными отверстиями) на секции, продольно, с возможностью вращения, установлен вал с закрепленными на нем в каждой секции поперечными контактными пакетами, набранными из контактных элементов - дисков, установленных с зазором относительно друг друга.

Предложенные конструктивные решения аппарата позволяют существенно увеличить поверхность межфазового контакта и значительно интенсифицировать протекание массообменных процессов. Эти аппараты сочетают в себе достоинства тарельчатых, насадочных и пленочных теплообменников, при меньшей длине в 5-10 раз, массе – до 20 раз и существенно меньшем гидравлическом сопротивлении по рабочему тракту (всего 50-150 мм вод. ст. вместо 5000 – 8000 мм вод. ст. у тарельчатых колонн). Таким образом, внедрение ДМАГВ позволит снизить металлоемкость изделий в 10-20 раз, что эквивалентно повышению производительности труда при изготовлении ДМАГВ в 7-15 раз, а при эксплуатации – в 2,5 раза. Одновременно снизить энергоемкость процесса в 2 - 5 раз, площадь монтажных площадок – в 5 – 20 раз и т.п.

Важным достоинством ДМАГВ является устойчивость протекания процессов в широком диапазоне изменения нагрузки (что было доказано на уже имеющихся аппаратах данного типа). Проект по расчёту ДМАГВ, выполненный в предположении, что массообменные процессы, протекающие в нём, сходны с процессами в пленочных аппаратах показал, что для более точного выявления достоинств и недостатков ДМАГВ, необходимо проведение экспериментов на лабораторных установках.

Мы надеемся, что применение ДМАГВ позволит повысить качество разделения компонентов при существенно меньших занимаемых монтажных площадях и энергоемкости процесса. Характеристики аппаратов должны обеспечить им широкое применение в качестве массообменных и теплообменников аппаратов средней и малой производительности в нефтехимической, газовой, химической, нефтеперерабатывающей, нефтедобывающей, микробиологической, фармацевтической и других отраслях промышленности.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ГЕЛЯ ПОЛИАКРИЛАМИДА

Зайцев Д.Б., Тимонин А.С., Шкарин Н.Ю.

Московский государственный университет инженерной экологии

Рассмотрены вопросы инфракрасной сушки геля полиакриламида, широко применяемого флокулянта в процессах водоочистки природных и промышленных сточных вод. Приведена полученная расчетная зависимость для расчета времени сушки в зависимости от мощности, подаваемой на излучатели покрытые слоем функциональной керамики.

Одной из актуальных проблем стоящих перед мегаполисом в настоящее время является вопрос эффективной очистки природных и промышленных сточных вод. Часто в процессе водоочистки применяют флокуляцию, заключающуюся в агломерации мелких взвешенных частиц в крупные флоккулы, что способствует их быстрому осаждению. Флокуляция в жидких дисперсных системах происходит под влиянием специально добавляемых веществ – флокулянтов, в основном это водорастворимые полимеры. Одним из таких флокулянтов является полиакриламид (ПАА) – неионогенный полимер акриламида, который благодаря уникальному комплексу полезных свойств способствует эффективному улавливанию и выделению ионов тяжелых металлов и токсичных веществ, что способствует решению экологической проблемы защиты окружающей среды, и в частности природных водоемов от загрязнений [1,2].

Процесс сушки полимерного геля является одной из технологических стадий производства сухого товарного ПАА. Для исследования процесса инфракрасной сушки полиакриламидного геля была разработана лабораторная установка на базе анализатора влажности Radwag WPS 50SX, дополнительно оснащенного контрольно-измерительными приборами и информационно-управляющей системой. В качестве излучателей были использованы две галогеновые лампы OSRAM мощностью 500Вт, покрытые слоем функциональной керамики, преобразующих непрерывное излучение первичного источника в импульсное инфракрасного диапазона.

В результате проведенных экспериментов были получены кривые сушки и температурные кривые сушки ПАА в зависимости от мощности подаваемой на излучатели (Рис. 1,2). Из графиков кривых сушки видно, что для данного материала практически отсутствует период постоянной скорости, и весь процесс сушки протекает в периоде убывающей скорости. Это говорит о том, что процесс сушки с самого начала лимитируется внутренней диффузией, то есть переносом влаги из внутренних слоев материала к поверхности. Об этом же свидетельствует и быстрый прогрев

материала до температуры окружающего воздуха в сушильной камере анализатора влажности.

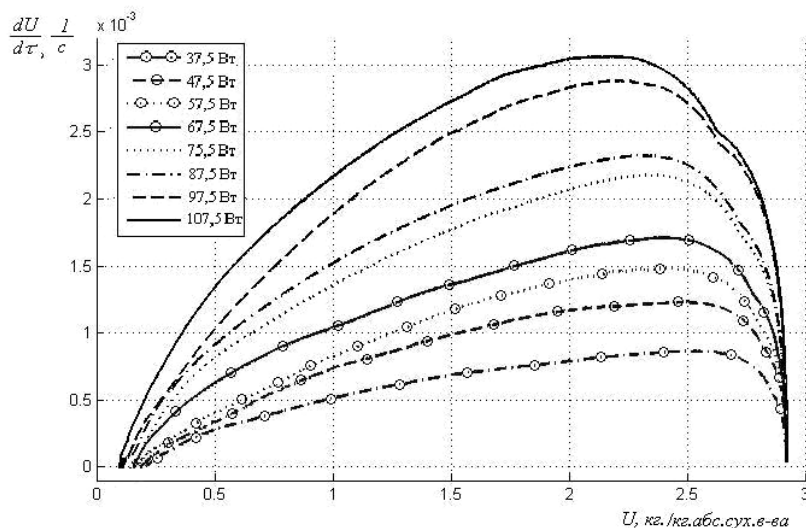


Рис. 1. Изменение скорости сушки ПАА в зависимости от влагосодержания при различной мощности, подаваемой на излучатели.

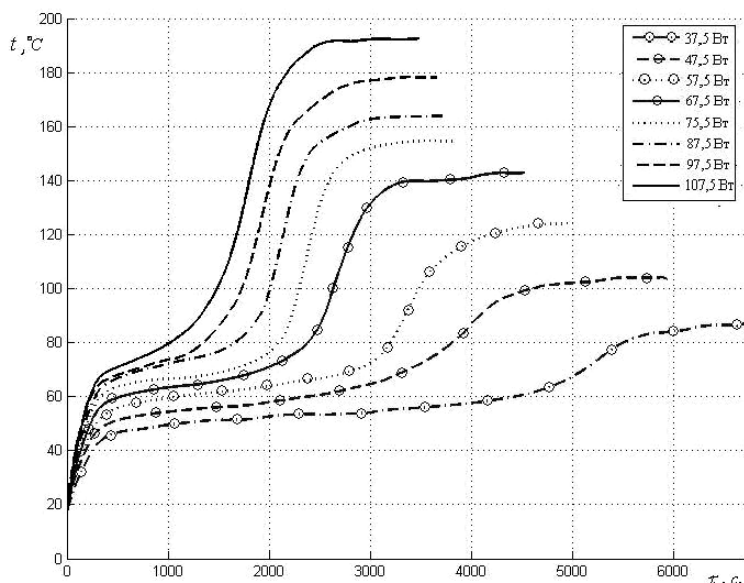


Рис. 2. Изменение температуры ПАА с течением времени при различной мощности, подаваемой на излучатели.

Также следует отметить нелинейную зависимость скорости сушки от влагосодержания ПАА во втором периоде сушки и, следовательно, кинетика процесса сушки не может быть удовлетворительно описана уравнением Лыкова-Шервуда [3]. Поэтому была проверена возможность, описания кинетики сушки ПАА на основе уравнения, ранее использованного Г.Н.Станкевичем для сушки зерна:

$$U = U_p + (U_n - U_p) \exp(-b\phi)^n, \quad (1)$$

где U , U_n , U_p – текущее, начальное и равновесное влагосодержание материала; τ – время; b , n – эмпирические коэффициенты.

Из уравнения (1) получим зависимость для продолжительности сушки в виде:

$$\phi = \left(\frac{-\ln E}{b} \right)^{1/n}, \quad (2)$$

где $E = (U - U_p)/(U_n - U_p)$ – относительное влагосодержание.

Возможность использования уравнения (1) для описания полученных кривых сушки проверяли путем их представления в виде логарифмической зависимости:

$$\lg y = \lg b + n \cdot \lg \tau, \quad (3)$$

где $y = -\ln E$, которая в двойных логарифмических координатах должна быть линейной. Соответствующие графики для различных опытов представлены на рис. 3. Они свидетельствуют о линейности функции (3) и, следовательно, о возможности аппроксимации опытных кривых сушки ПАА уравнением (1).

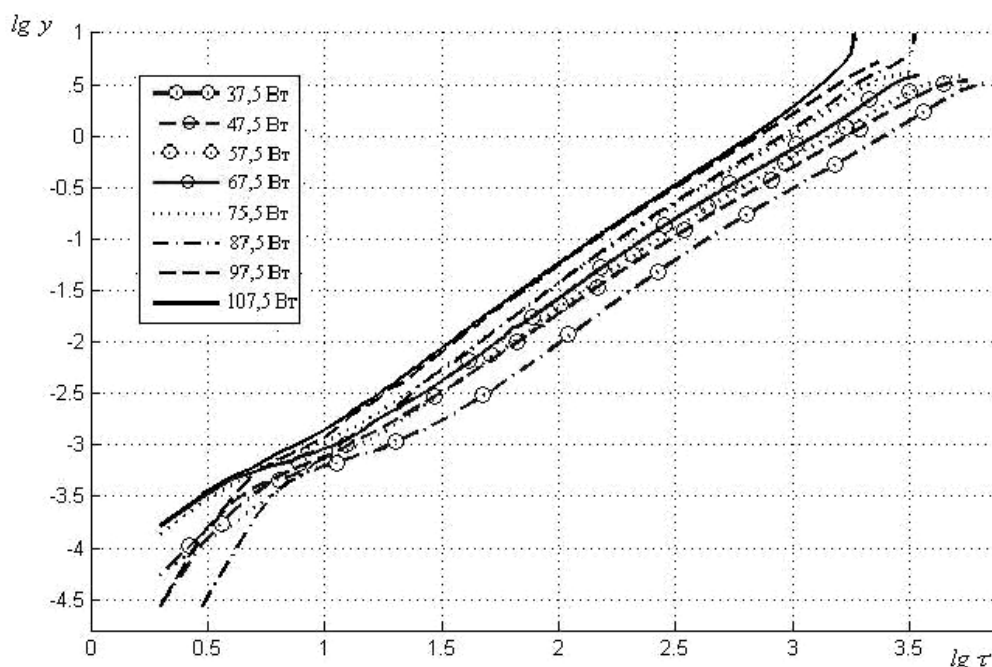


Рис. 3. Зависимость $\lg y$ от $\lg \tau$ для определения коэффициентов b и n .

Поскольку ПАА является полимерным материалом с большой величиной внутридиффузионного сопротивления, и удаление внутренней влаги требует проведения глубокой сушки, то его равновесное влагосодержание соизмеримо с его конечным влагосодержанием. Поэтому в качестве равновесного влагосодержания примем значение 0,0989 кг.влаги/кг.сух.вещ-ва, что соответствует конечной влажности ПАА равной 9%.

После обработки графиков, приведенных на рис. 3, были получены зависимости для коэффициентов b и n от мощности подаваемой на излучателя с функциональной керамикой:

$$n = 0.006161 \cdot W + 1.233, \quad (4)$$

$$b = 8.634 \cdot 10^{-7} \cdot W + 1.187 \cdot 10^{-5}. \quad (5)$$

Подставляя полученные зависимости (4) и (5) в уравнение (2), можно рассчитать время сушки ПАА в зависимости от мощности подаваемой на излучатели, покрытые слоем функциональной керамики. При сопоставлении результатов численного и физического экспериментов было установлено, что принятая математическая модель достоверно описывает кинетику процесса инфракрасной сушки ПАА.

1. Абрамова Л.И., Байбурдов Т.А., Григорян Э.П., Зильберман Е.Н., Куренков В.Ф., Мягченков В.А. Полиакриламид. / Под ред. В.Ф.Куренкова.- М.: Химия, 1992. - 192 с.;

2. Николаев А.Ф., Охрименко Г.И. Водорастворимые полимеры. Л.: Химия, 1979. – 144 с.;

3. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия. 1968. – 471 с.

УДК 66.023

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ГРАНУЛЯТОРА СНИЖАЮЩЕГО ПЫЛЕВЫЕ ВЫБРОСЫ

Глазов Р.В., Хуснутдинова К.Т.

Московский государственный университет инженерной экологии

В большинстве случаев источниками ухудшения экологии окружающей среды города и близлежащих населённых пунктов являются предприятия, связанные с производством химических продуктов.

Крупные промышленные предприятия, являясь одновременно градообразующими и средой обитания населения – объект пристального внимания многих служб и организаций, как на стадии проектирования, так и стадии эксплуатации производственного оборудования.

Загрязнение окружающей среды промышленных городов, имеющих развитую химическую промышленность, в значительной мере зависит от состояния и применения экологически безопасной техники и технологий.

Известно, что пылевые выбросы в атмосферу, представляющие собой мелкие, не модифицированные частицы основного продукта, а также утечки технологических веществ значительно ухудшают экологическое состояние промышленных городов.

Как правило, первые зависят от совершенства применяемого оборудования, вторые – от исправности его элементов и параметров технологических процесса [1].

Так, например, при производстве минеральных удобрений башенным способом (методом прилирования) кристаллизующиеся мелкие капли расплава продукта не опускаются на дно гранбашни, а выносятся в атмосферу вместе с охлаждающим их воздухом.

Объёмы уноса мелкой фракции образующихся гранул продукта существенно зависят от конструктивно-технологических параметров элементов оборудования и в первую очередь гранулятора.

В работе [2] показано, что содержание частиц аммиачной селитры в воздухе, выбрасываемом установками с типовой грануляционной башней диаметром 16 м, составляет в среднем 0,3 г/м³. Учитывая, что расход воздуха через одну грануляционную башню составляет 300000 м³/час – 400000 м³/час, общее количество выбрасываемого продукта за год может достигнуть примерно 900 т.

Образование мелкой фракции гранул, ухудшающее качество конечного продукта, наряду с другими факторами является следствием несовершенства конструкции разбрызгивающего (диспергирующего) расплав продукта – гранулятора.

Типовая конструкция гранулятора представляет собой металлический корпус, в днище которого просверлено множество отверстий для истечения через них струй расплава удобрения, распадающихся далее на отдельные капли. Гранулятор помещён в полую грануляционную башню с восходящим потоком воздуха, в котором капли расплава удобрения, кристаллизуясь и охлаждаясь, превращаются в гранулы готового продукта.

Наиболее перспективными конструкциями грануляторов в настоящее время являются статические (неподвижные) гранулирующие устройства с наложением вибраций.

С помощью статических грануляторов возможно обеспечить:

- любое, в том числе и равномерное, орошение сечения башни произвольной формы;
- создание спокойной зоны в газовой фазе, окружающей область распада струй на капли;
- практически равные скорости истечения плава из всех отверстий перфорированного элемента;
- возможность наложения вибраций на плав с различными параметрами с помощью специальных устройств-вибраторов.

Современное гранулирующее оборудование с помощью вибровозбудителей справляется с задачей получения монодисперсного состава гранул только при расчётной номинальной нагрузке по диспергируемому расплаву [3]. При отклонении расхода от номинального, распад перестаёт быть однородным, что приводит к существенному отклонению среднего размера капель, а, следовательно, и гранул от расчётного значения, а также образованию так называемых капель-спутников, ухудшающих качество готового продукта.

Согласно теории Рэлея, вероятностная частота образования капель маловязкой жидкости при распаде струй зависит от скорости истечения струй и диаметра отверстий

$$f_p = \frac{w_1}{4,51d_o}, \quad (1)$$

где f_p – частота образования капель, Гц;

w_1 – скорость истечения струи жидкости из отверстия, м/с;

d_0 – диаметр отверстия, м.

Перфорированное днище гранулятора имеет фиксированное количество отверстий одинакового диаметра, поэтому частота образования капель изменяется прямо пропорционально расходу диспергируемой жидкости. В то же время частота источника вынуждающих колебаний (вибратора) у существующих грануляторов остаётся постоянной, совпадающей с частотой образования капель при номинальной нагрузке, что и приводит к неоднородности грансостава при изменениях нагрузки.

Задачей для решения проблемы однородности капель при разбрызгивании в условиях нестационарной нагрузки является создание устройства, действие которого не зависело бы от изменения расхода.

Задача решается путём выполнения вибратора в виде упругой металлической нити (струны). Принцип работы такого резонатора аналогичен ультразвуковому гидродинамическому излучателю [4], в котором звуковые колебания образуются за счёт резонанса частот собственных колебаний упругого элемента (заострённой пластины или стержня) и отрыва вихрей, возникающих при его обтекании.

Частота собственных колебаний струны равна

$$f_c = \frac{1}{ld} \sqrt{\frac{T}{\rho_c \pi}}, \quad (2)$$

где l, d – соответственно длина и диаметр струны, м;

T – сила натяжения струны, Н;

ρ_c – плотность материала струны, кг/м³.

Из (2) следует, что при фиксированных геометрических размерах частота собственных колебаний струны, в отличие от пластины или стержня, может быть изменена путём изменения силы натяжения.

Частота отрыва вихрей при обтекании струны определяется соотношением [5]

$$f_{вих} = \frac{wS}{D}, \quad (3)$$

где w – скорость затопленной струи, обтекающей струну, м/с;

D – диаметр цилиндра, м;

S – безразмерная частота отрыва вихрей, т. е. число Струхалия. Согласно [5], при числах Re больше 1000, S практически постоянно и равно 0,21.

Из (1) и (3) следует, что изменение частот распада струи и отрыва вихрей прямо пропорционально изменению скоростей потоков, которые, в свою очередь, таким же образом изменяются в зависимости от расхода (нагрузки). Если конструктивно обеспечить возможность изменять частоту собственных колебаний струны (2) также прямо пропорционально нагрузке, можно добиться согласования всех трёх частот во всём диапазоне изменения нагрузки на гранулятор.

Устройство, обеспечивающее вышеуказанное условие, конструктивно может быть выполнено, например, по следующему принципу. Струна, закреплённая в рычагах, имеющих определённое

соотношение плеч, расположена под поршнем с соплом, которое направлено на струну. Поршень, в свою очередь, вставлен в патрубок, вдоль оси которого он может совершать перемещения. В процессе работы этого устройства жидкость, поступающая на диспергирование через патрубок, частично или целиком проходит через сопло, соединённое с подвижным поршнем, и направляется на струну. При обтекании струны затопленной струёй жидкости происходит отрыв вихрей с частотой, определяемой соотношением (3). Давление P жидкости над соплом прямо пропорционально квадрату скорости w жидкости, истекающей из сопла. Образовавшийся над поршнем столб жидкости давит на рычаги, растягивающие струну, с силой

$$T_0 = PF, \quad (4)$$

где T_0 – вес столба жидкости, Н;

P – давление жидкости над соплом, Па;

F – площадь поршня, м².

Соответственно, сила натяжения струны

$$T = kT_0, \quad (5)$$

где k – коэффициент соотношения плеч рычагов 5, также прямо пропорциональна w^2 .

Тогда, согласно уравнению (2), частота собственных колебаний струны будет изменяться прямо пропорционально w , т.е. нагрузке.

С помощью регулирования соотношения плеч рычагов можно выставить необходимое значение коэффициента k .

Представленный принцип конструкции позволяет добиться синхронности изменения частот вынуждающих колебаний вибровозбудителя и образования капель во всём диапазоне нагрузки по диспергируемой жидкости и тем самым повысить однородность грансостава готового продукта.

Вышеописанный принцип работы вибратора прошёл проверку на промышленном экземпляре диспергатора с использованием воды в качестве диспергируемой жидкости. В результате эксперимента было зафиксировано удовлетворительное совпадение экспериментальных и расчётных значений частот возникающего звука, образования капель и отрыва вихрей в расчётном диапазоне изменения расхода жидкости.

1. Никифоров А.Д., Колчков В.И., Поликарпов М.И. Обеспечение качества нефтехимического оборудования. – М.: Машиностроение, 1984. -174 с.

2. Технология аммиачной селитры, под. ред. В. М. Олевского. – М.: Химия, 1978. – 312 с.

3. А. С. 856529 СССР. МКИ В 01 J 2/02. Акустический разбрызгиватель. Б. И. № 31. 1981.

4. Гершгал Д. А., Фридман В. М. Ультразвуковая аппаратура. – М.: Энергия, 1967. – 264 с.

5. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974. – 712с.

**A NEW APPROACH TO THE RATIONAL CHOICE OF THERMAL
UNITS SEALING SYSTEMS RESOURCE
INCREASING SUBSTANTIATION**

Alekseeva O.E., Tretyakov P.V., Syrin Y.R.

Donetsk National Technical University, Ukraine

To estimate reliability of thermal units sealing systems it is offered complex criteria in which parameters of the technical state of assemblies and also the functions reflecting a degree of effect operational, mechanical and temperature factors on process of a depressurization of the unit elements are integrated.

The major requirement to any projected heat engineering unit is technogenic safety. The problem of the sealing of coke-oven doors constantly attracts the attention of coke chemists all over the world in connection with ever increasing requirements for the ecological safety of coke production. The search and creation of more reliable door structures with various types of seals is carried on in many directions. Hundreds of various designs have been developed and tested in practice, in particular the designs of sealing mechanisms — rigid, flexible, soft, elastic, plastic, etc.

However, the problem has not been solved completely because of the insufficient level of the quality of all known designs of seals of coke-oven doors with respect to one or more characteristics: cost, durability, compensating capacity, strength, etc.

It is necessary to develop a methodology of definition of sealing systems efficiency that allows calculating the values of ecological compatibility emission assemblies' criteria during any period of the operation.

It's rather difficult to establish numerical values of tightness criteria for the facility applied in chemical, coking, metal industries because this process is under the influence of factors, which are difficult to consider, in particular stock load, gases, formed during the refining process, serving machines influence; temperature differences in the time of loading - unloading of a material and change of thermal streams of the heating system; aggressive environment influences at high temperatures, etc.

It's necessary to appoint the features of describing parameter of depressurization process to reflect the influence of operating factors. Medium leakage per unit perimeter per time unit Q is accepted as a parameter.

The choice of the concrete parameter narrows the results applicability area of research that contradicts the requirements defining the value of results. This contradiction can be weakened using the rational form of results representation on the basis of the generalized analysis methods, in particular, the theory of similarity and the analysis of dimensions. Methods are in replacement of multitude of individual factors by dimensionless complexes group, number of

which, as a rule, is less than the general number of initial dimensional factors. Ipso facto, the degree of a result generality rises without any information loss.

According to theorems of the theory of the dimensions, any physical parity between dimensional quantities can be formulated as a parity between infinitesimals. The criterion of emission assemblies of thermal devices tightness is developed with the use of similarity and the analysis of dimensions theory methods, in which all enumerated factors are merged.

$$Q_{\Pi DB} \left(\frac{\mu}{\Delta p B} \right),$$

μ - dynamic viscosity gas-and-dust emissions. Δp - pressure difference between internal and external environment, B - the area of the gap in connection of the elements.

With account taken the depressurization process and ageing of elements during operation of the thermal unit emission-danger assemblies tightness is provided if:

$$Q_{\Pi DB} \left(\frac{\mu}{\Delta p B} \right) \cdot \frac{1}{K_Q} \geq 1,$$

where K - criteria functions taking into account factors influence on the assembly tightness

Criteria functions are the regression equations in a general view. Regression equations factors are obtained by processing the experiment results of coke ovens connections tightness change during the operating process.

The considered problem is multi-parametric, that's why to obtain full factors influence on representation of depressurization process the great machine time consumptions are needed. The use of generalized analysis creates fundamental advantages in such conditions since the reduction of a problem arguments number at transition to dimensionless complexes on one or several units as much reduces the number of a required variable values.

Criteria functions definition for the basic units of the coke industry such as coke ovens and the tightness estimation under the offered criterion has shown, that the emission danger of the coke oven most responsible zones corresponds to a term of 160-250 cycles of the operation. (Fig. 1).

The door zone loses tightness in 320 – 420 cycles of the oven pushing after setting into operation for coke-batteries with ovens volume of 41,6 m^3 , standpipe zone – in 160 cycles of oven-pushing due to maximum permissible emission on benz(a)piren transcending . It means, after the short period the unit loses tightness, and cancerogenic substances get regularly to atmosphere.

According to the theory of dimensionless tightness criterion dependence similarity from the dimensionless complex factors, obtained as a result of coke oven depressurization process researching, are fair not only for such designs, but also for all similar objects.

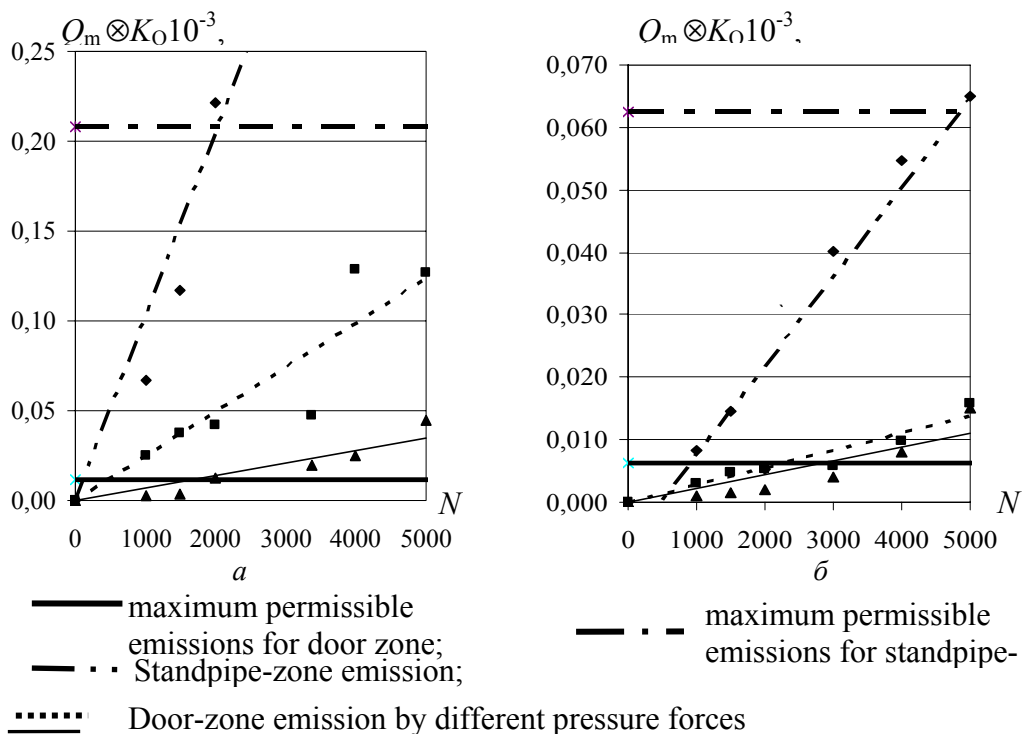


Fig. 1. Estimation of emission-danger assemblies on tightness criteria: a – on benz(a)piren, b – on benzol.

During the designing of new heat aggregates configurations knowledge of numerical values of the emission-danger assemblies tightness criteria will allow to establish the minimal gap between sealing surfaces, injurious substances emissions under which won't exceed the allowed ones.

НАНОТОКСИКОЛОГИЯ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Никитин А.В.

Московский государственный университет инженерной экологии

Последнее десятилетие отмечено интенсивным развитием нанотехнологий и широким использованием наноматериалов в различных сферах. Промышленное производство наноматериалов тесно связано с решением вопросов промышленной токсикологии и гигиены труда на предприятиях. Оценка потенциального риска профессиональных заболеваний среди работников предприятий и экологических последствий возможного загрязнения окружающей среды является важной составной частью организации производства наноматериалов. Основные принципы нанотоксикологии как «науки о воздействии инженерных наноустройств и наноструктур на живые организмы» были сформулированы G.Oberdorster и соавторами в 2005 г. [1]. За истекшие 4 года нанотоксикология превратилась в быстро развивающуюся отрасль

знаний. Прошедший в 2005 г. Европейский форум по нанотехнологиям полностью был посвящен проблемам нанотоксикологии и наномедицины. Многие научно-исследовательские центры и лаборатории в США, Великобритании, Австрии, Германии и других странах заняты в настоящее время реализацией крупных программ и проектов по нанотоксикологии. Нанотоксикология базируется на основных теоретических и методологических принципах традиционной токсикологии. В то же время ряд уникальных физико-химических характеристик наночастиц (НЧ) определяет особенности их токсикологических свойств, отличающих НЧ от более крупных частиц того же вещества. К ним относятся исключительно малая величина (нановеличина) до 100 нм; крайне высокая удельная поверхность (отношение площади поверхности к массе); высокая химическая активность поверхности НЧ; специфическая активность НЧ, возникающая только на наноуровне; уникальная химическая структура НЧ, не имеющая аналогов среди более крупных частиц; высокая степень взаимодействия между НЧ.

Эти свойства определяют особенности токсикокинетики НЧ:

- высокую проницаемость через клеточные мембраны и гистогематические барьеры; поступление в лимфо- и кровоток;
- накопление в клеточных органеллах (лизосомах, митохондриях, вакуолях и т.п.);
- пониженный клиренс из легких и других органов;
- способность к ретроградному транспорту по нервным проводникам в ЦНС.

Большинство имеющихся данных о токсическом действии НЧ было получено в модельных системах *in vitro* или в экспериментах на животных.

Основные механизмы токсического действия НЧ включают:

- образование активных форм кислорода и азота, вызывающих повреждения клеточных мембран, белков и нуклеиновых кислот;
- индукцию перекисного окисления липидов;
- прямое цитотоксическое действие;
- усиление апоптоза (программированной гибели) клеток;
- взаимодействие с ДНК и белками, нарушение их структуры;
- эффект «троянского коня» (отдаленное токсическое действие, вызванное накоплением НЧ в тканях);
- агломерацию НЧ, приводящую к закупорке воздухоносных путей;
- экспрессию новых антигенных детерминант вследствие модификации белков, сорбированных на НЧ, что связано с повышением риска аллергических реакций;

- повышение риска тромбообразования, развития атеросклеротических изменений в сосудах;
- развитие воспалительных реакций в органах и тканях;
- потенциальный риск развития опухолей (2).

Разработка системы методов оценки токсического действия НЧ и экстраполяции данных экспериментальных исследований на человека является одной из актуальных задач нанотоксикологии. В качестве рациональной комплексной системы нанотоксикологических исследований может быть использована система, предложенная рабочей группой по разработке стратегии скрининга потенциально вредных воздействий наноматериалов (3).

Важным этапом является определение физико-химических характеристик НЧ: распределения по величине; состояния агломерации; формы; кристаллической структуры; химического состава; площади поверхности; химического состава, структуры и заряда поверхности; пористости. Токсикологическое изучение НЧ проводится *in vitro* в первичных и долговременных культурах клеток (эпителиальных клеток, макрофагов, фибробластов, клеток эндотелия и т.д.), в эксплантатах тканей различных органов-мишеней (легких, кожи, ЦНС, почек и т.д.). Перспективным является использование методов протеомного анализа для изучения изменений спектра клеточных белков под воздействием НЧ. В экспериментах на лабораторных животных при различных путях введения (ингаляционном, кожном, внутрижелудочном) определяют параметры острой токсичности. В хронических экспериментах изучают влияние НЧ на жизненно важные органы и системы (ЦНС и периферическую нервную систему, дыхательную, сердечно-сосудистую, пищеварительную, эндокринную, иммунную, выделительную, репродуктивную системы). Проводится изучение различных видов специфической токсичности: эмбриотоксического, тератогенного, мутагенного, канцерогенного, алергизирующего и иммунотоксического действия.

В качестве перспективных направлений оптимизации методической базы исследований в нанотоксикологии следует выделить:

- разработку методов детекции НЧ *in vivo*;
- разработку методов мониторинга НЧ *in vivo* в реальном времени;
- разработку и производство стандартизированных образцов НЧ; в том числе НЧ, меченных радиоактивными изотопами;
- разработку и совершенствование методов химии поверхностных явлений, в особенности методов изучения биологических макромолекул, сорбированных на поверхности НЧ;
- совершенствование методов электронной микроскопии.

1.G.Oberdörster, E.Oberdörster, J.Oberdörster. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. Environmental health perspectives, 2005, 113,7, 823-839.

2.Nanotoxicology: characterization, dosing and health effects. Eds.N.A. Monteiro-Riviere, C.Lang Tran. Informa Healthcare, New York – London, 2007, 434 стр.

3. G.Oberdörster, A.Maynard, K.Donaldson, V.Castranova et al.

Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. Particle and fiber toxicology, 2005, 2:8doi:10.1186/1743-8977-2-8

УДК 54-127:551.251.552.57

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ РАЗНОВОСТАНОВЛЕННЫХ УГЛЕЙ

¹Сафин В.А., ¹Бутузова Л.Ф., ²Стефанова М.Д.

¹Донецкий национальный технический университет, Украина

²Институт органической химии с центром фитохимии БАН, г. София

Получение дешевых адсорбентов на основе низкокачественных углей является весьма актуальной проблемой современности в свете все ухудшающейся экологической обстановки. Важнейшими показателями качества углей являются сернистость и зольность, которые, наряду с толщиной пластического слоя, определяют направление переработки твердого топлива. Содержание серы при этом зачастую выступает лимитирующим фактором, так как высокая сернистость весьма неблагоприятно влияет на качество товарных продуктов и приводит к образованию токсичных выбросов в атмосферу. Исследования, проведенные ранее различными авторами, показали, что угли восстановленного типа **в** характеризуются высоким содержанием общей серы. Несмотря на то, что в Донецком бассейне преобладают высокосернистые угли, широкого применения в промышленности они до сих пор не находят.

В предыдущих работах нами представлены результаты пиролиза в потоке водяного пара (ПВП) разнородных углей Донецкого бассейна всего ряда метаморфизма. Окислительный пиролиз проводился по патентованному методу Болгарской академии наук. Данная технология позволяет осуществлять карбонизацию и активацию углеродсодержащих материалов в одну стадию. Несмотря на большую активность по йоду карбонизатов, полученных из слабосостоянных углей, угли типа **в** дают большее количество твердого остатка. Учитывая невысокую стоимость сернистых углей, ясно, что такие угли являются подходящим сырьем для получения промышленных адсорбентов.

Целью настоящей работы является исследование состава жидких продуктов пиролиза в ПВП разнородных спекающихся углей. Объекты исследования – пара жирных углей Донецкого бассейна разного типа по восстановленности (**а** и **в**), которые при равной степени

метаморфизма отличались содержанием водорода и гетероатомов (O, S). Окислительный пиролиз осуществлялся на оригинальной установке в Институте органической химии с центром фитохимии БАН. Полученные жидкие продукты разделяли с помощью химических методов (экстракция, жидкостная хроматография). Затем парафино-нафтеновая и ароматическая фракции анализировались газо-хромато-масс-спектроскопическим методом.

Как показали результаты сравнительного исследования, состав жидких продуктов в значительной мере зависит от содержания гетероатомов в пиролизуемом угле.

В жидких продуктах деструкции найдено около 100 индивидуальных органических соединений. Ароматические компоненты представлены, в основном, соединениями с несколькими конденсированными ароматическими кольцами (от 2-х до 4-х), преимущественно с алифатическими заместителями в кольце. Нафталины и бифенилы обнаружены только в замещенном виде, а значительные количества флуоренов, антраценов, фенантронов и пиренов присутствуют в виде незамещенных соединений. В ряду нафталинов присутствует ацетилнафталин – продукт окисления боковых алкильных радикалов водяным паром. Причем количество последнего в жидких продуктах, полученных из восстановленного жирного угля, почти в 3 раза меньше, чем в жидких продуктах из его изометаморфной пары (0,26% мас. и 0,88% мас.). Это показывает, что органическая масса слабовосстановленных углей более реакционноспособна по отношению к водяному пару. В жидких продуктах жирных углей найдено большое количество гетероциклических ароматических соединений, а именно: дибензотиофена, дибензофуранов и карбазолов. Жидкие продукты, образовавшиеся при пиролизе в ПВП маловосстановленных жирных углей, по сравнению с теми же продуктами из углей типа *в*, содержат больше ароматических углеводородов пиренового ряда и нафталинов. Жидкие продукты восстановленных углей обогащены фенантренами и антраценами, содержат больше (в 2 раза) гетероциклических углеводородов.

Абсолютное содержание дибензофуранов и карбазолов в жидких продуктах окислительной деструкции восстановленных жирных углей составляет 2,4% мас. и 0,65% мас. соответственно. Учитывая высокий выход жидких продуктов (около 7% мас.), последние можно с успехом использовать для промышленного производства гетероциклических углеводородов, которые широко применяются в фармацевтике, служат сырьем для синтеза полимеров, а также в производстве особых видов стекла.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАЦИИ ЛАККАЗЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ИНДУКТОРОВ

Батуринец А.А., Горшина Е.С., Бирюков В.В.

Московский государственный университет инженерной экологии

Лакказа является одним из основных ферментов лигнолитического комплекса деструктурирующих грибов, осуществляющим в природе важную функцию дегградации лигнина. Это медьсодержащий фермент класса оксидоредуктаз, катализирующий окисление широкого круга органических и неорганических субстратов молекулярным кислородом. Высокопотенциальная лакказа может использоваться в различных областях промышленности, в том числе, в тонком органическом синтезе, например, для синтеза электропроводящего полианилина, в текстильной, кожевенной и пищевой промышленности и т.д.

В настоящее время в МГУИЭ разработана рентабельная промышленная технология получения высокопотенциальной лакказы, однако процесс интенсификации этой технологии остается актуальным.

Проведены исследования по изучению влияния нерастворимых лигноцеллюлозных индукторов на повышение активности лакказы. Для исследований использовали культуральную жидкость базидиального гриба *Trametes hirsuta* 56 (Wulfen) Pilat. – продуцента лакказы, получаемую методом глубинного культивирования на специально разработанной питательной среде с мукой.

Индукторы предварительно стерилизовали в сухом виде в пробирках в автоклаве под давлением 1 ати в течение 60 мин и повторно через сутки при том же режиме. Режим стерилизации выбирали по предварительному опыту с кострой льна. Индукторы вносили в колбы со стерильной средой при засеве в количестве 2 г/л. Активность культурального фильтрата определяли на 3,4,5,6,7 и 10 сутки опыта на спектрофотометре SHIMADZU UVmini 1240 (Япония) при 410 нм с использованием пирокатехина (10^{-2} М) в качестве субстрата в 0,1 М цитратно-фосфатном буфере (pH 4,5).

В качестве лигноцеллюлозных индукторов в опыте сравнивали дубовые, березовые и сосновые опилки, костру льна и подсолнечную лузгу. Все индукторы приводили к повышению оксидазной активности, но наибольшая активность фермента зафиксирована при использовании дубовых опилок. Оксидазная активность в этом случае была на 33% выше активности среды с сосновыми опилками, на 31% выше активности среды с березовыми опилками, на 56% - среды с подсолнечной лузгой и на 65% - среды с кострой льна.

Проведены также опыты по изучению влияния концентрации и крупности частиц костры льна на активность фермента. При внесении частиц костры льна крупностью 1, 2 и 3 мм, полученных фракционированием на ситах, наилучший результат позволяет получить использование более мелкой фракции – активность повышается на 180% по сравнению с контрольной (регламентной) средой. В то же время внесение костры льна в исходном (не измельченном) виде приводит к повышению активности на 207%, что объясняется наличием в исходной костре льна наиболее тонкой фракции.

Повышение концентрации костры льна с 2 г/л до 4 г/л позволяет повысить активность на 15%.

Таким образом, использование лигноцеллюлозных отходов в качестве индукторов при синтезе лакказы позволяет интенсифицировать процесс и снизить энергозатраты.

УДК:681.31:539.43

КОМПЬЮТЕРНЫЙ МОНИТОРИНГ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АППАРАТОВ И ТРУБОПРОВОДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Майский С.Н., Луганцев Л.Д.

Московский государственный университет инженерной экологии

Традиционные методы расчета статической прочности аппаратов и трубопроводов высокого давления, основанные на оценке номинальных напряжений, оказываются недостаточными в условиях переходных и форсированных режимов эксплуатации, связанных с периодическими остановками и последующими пусками агрегатов. Повторные воздействия механической нагрузки и нестационарного температурного поля могут вызывать в ряде случаев упругопластическое деформирование элементов конструкций и приводить к накоплению усталостных и квазистатических повреждений.

Проточную часть корпуса аппарата рассматриваем как толстостенный цилиндр. В стенке цилиндра возникает нестационарное температурное поле, которое вызывает изменяющееся во времени напряженно-деформированное состояние изделия. Интенсивность напряжений при этом может превосходить предел текучести конструкционного материала. Практическая невозможность экспериментального исследования кинетики напряженно-деформированного состояния изделия, связанная с большой скоростью изменения температурного поля, делает актуальным применение методов компьютерного мониторинга для решения данной проблемы.

Математическую модель температурного поля в стенке цилиндра, включающую уравнение теплопроводности, начальное и граничные условия, строим на основе теории нестационарной теплопроводности [1].

Численное решение краевой задачи выполняем методом конечных разностей, получая в результате функции распределения температуры по толщине стенки цилиндра для заданных моментов времени $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k \dots$

Полученные функции распределения температуры в цилиндре используем для решения задачи об изменении напряженно-деформированного состояния цилиндра во времени с привлечением теории термопластичности [2]. Данная задача сводится к последовательности задач о напряженно-деформированном состоянии цилиндра для моментов времени $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_k \dots$, решив которые получаем полное описание кинетики упругопластического деформирования конструкции в условиях нестационарного температурного воздействия.

Численная реализация разработанного метода компьютерного мониторинга кинетики напряженно-деформированного состояния корпуса аппарата осуществлена в виде программного обеспечения. Программный комплекс «HeatCylinder» позволяет выполнять компьютерный анализ напряженно-деформированного состояния аппаратов и трубопроводов высокого давления, получить расчётную оценку несущей способности оборудования. Приведены результаты численного исследования несущей способности рассматриваемого оборудования при различных режимах нагружения.

1. Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача. – М., "Высшая школа". 1988. – 479 с., ил.
2. Термопрочность деталей машин. Под ред. И.А.Биргера и Б.Ф.Шорра. – М., "Машиностроение". 1975. – 455 с., ил.

УДК:681.31:539.43

КОМПЬЮТЕРНЫЙ МОНИТОРИНГ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И РЕСУРСА СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

Пушной А.О., Луганцев Л.Д.

Московский государственный университет инженерной экологии

Рассматриваются стержневые элементы конструкций химического и нефтехимического оборудования, работающие в условиях изгиба при малоцикловом термомеханическом нагружении. В общем случае к стержневой системе приложены моментные нагрузки, поперечные и продольные усилия. Температура нагрева изменяется как по длине стержневого элемента, так и по высоте поперечного сечения. Силовое и температурное воздействия изменяются во времени по заданной программе. Исследуется работа конструкции в упругопластической стадии с учетом истории нагружения. При расчете учитывается возможность изменения знаков напряжений.

Математическая модель упругопластического деформирования конструкционного материала строим на основе теории неизотермического пластического течения с трансляционным и изотропным упрочнением [1].

Для решения задачи применяется шаговый метод. При построении алгоритма расчета вводится параметр τ , определяющий развитие процесса нагружения (обобщенное время). Программа нагружения разбивается на ряд малых этапов, расчет которых выполняется последовательно. Модель изделия представляется в виде совокупности узловых точек, количество и расположение которых зависит от характерных особенностей конструкции и требуемой точности расчета. Каждой узловой точке ставится в соответствие параметр пластичности, который принимает значение 0, если в рассматриваемой точке материал деформируется упруго, или 1, если имеет место пластическое течение.

Решение краевой задачи на шаге нагружения выполняется методом Адамса пятого порядка. Начальный отрезок, необходимый для запуска вычислительного процесса, формируется итерационным методом Милна. В результате решения краевой задачи определяются приращения напряжений и деформаций на шаге нагружения в узловых точках. После решения краевой задачи выполняется анализ параметров состояния упругих и пластических узловых точек конструкции. По результатам анализа принимается решение о переходе к расчету следующего этапа нагружения или о перерасчете предыдущего этапа.

Математическая модель кинетики процесса накопления усталостных и квазистатических повреждений построена на основе деформационно-кинетической трактовки усталостного и квазистатического разрушения.

Численная реализация разработанного метода компьютерного мониторинга упругопластического деформирования стержневых элементов осуществлена в виде программного обеспечения.

Проведён мониторинг несущей способности стержневых элементов при различных режимах нагружения. Также получены зависимости упругопластических деформаций от напряжений в опасных точках конструкции для различных конструкционных материалов.

1. Термопрочность деталей машин. Под ред. И.А.Биргера и Б.Ф.Шорра. – М., "Машиностроение". 1975. – 455 с., ил.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ В САЕ-СИСТЕМЕ ANSYS

Лантухова И.Е., Луганцев Л.Д.

Московский государственный университет инженерной экологии
Задачи, встречающиеся в современной инженерной практике, зачастую не могут быть решены аналитическими методами, либо точное решение сопровождается значительными вычислительными сложностями. В этих ситуациях целесообразно применение метода конечных элементов, который наиболее полно и качественно, реализован в высокоуровневой системе ANSYS.

В работе представлены материалы, по решению широкого спектра задач начиная с простейших и заканчивая наиболее сложными случаями. Основное внимание уделяется подробному описанию каждого этапа решения задач: построение твердотельной модели, генерация конечно - элементной сетки и разбиение модели на конечные элементы (КЭ), задание свойств материала, формирование нагрузок, формирование опорных закреплений, задание параметров расчета, выполнение конечно - элементного анализа, отображение напряженно – деформированного состояния, проверка адекватности решения, сохранение и экспорт данных.

Акцент делается на операциях, которые вызывают наибольшие затруднения у пользователей, а именно построение твердотельных моделей, наложение сетки и разбиение на КЭ, формирование нагрузок и граничных условий.

В качестве примеров твердотельных моделей рассмотрены наиболее часто встречающиеся в промышленных конструкциях, такие как пластинки, аппараты со сферическими, коническими и плоскими днищами, перфорированные оболочки.

На этапе наложение сетки и разбиение на КЭ рассмотрены случаи формирования сетки с различной частотой и разной формой КЭ. Система ANSYS предлагает вариант по умолчанию, но пользователь, используя инструменты данного модуля, может генерировать сетку и КЭ по своему усмотрению.

В качестве расчетных случаев нагружения рассматриваются примеры нагружения, встречающиеся в промышленности. Рассмотрены наиболее часто встречающиеся механические и термические нагрузки.

Система ANSYS предлагает различные инструменты для описания граничных условий. Приводятся примеры наложения статических и кинематических связей па поверхности тела, его отдельные элементы и узлы.

В системе ANSYS результаты решения задач полностью визуализированы, что серьезно упрощает восприятие полученного

решения, а так же его качественную оценку. Инструменты системы ANSYS позволяют редактировать условия на любом этапе решения.

В работе содержатся рекомендации по решению задач, наиболее часто вызывающие затруднения у пользователей. Это дает возможность осознанно решить практически любую задачу.

Полученные материалы, могут быть использованы для составления автоматизированного лабораторного практикума по курсу модели и методы анализа проектных решений «специальности САПР». Могут быть использованы студентами других специальностей университета.

УДК:681.31:539.43

РАСЧЁТ НАДЁЖНОСТИ И РЕСУРСА ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕЧЕЙ

Коростылёв А.В., Сергеев А.Д., Луганцев Л.Д.

Московский государственный университет инженерной экологии

Характерной особенностью работы рассматриваемого оборудования является нестационарность силового и температурного воздействия, связанная с условиями эксплуатации. Повышенные рабочие температуры вызывают деформации ползучести.

Трубчатый элемент рассматриваем как цилиндрическую оболочку, нагруженную внутренним давлением и осевым усилием при температурном воздействии. Математическую модель неизотермического вязкоупругого деформирования изделия строим на основе теории нестационарной ползучести [1].

При построении математической модели кинетики процесса вязкоупругого деформирования вводим временной параметр τ , определяющий развитие процесса нагружения изделия. Полагаем, что программа нагружения задана. Определены также начальные физико-механические характеристики конструкционного материала и начальное состояние конструкции. Программу нагружения разбиваем на ряд этапов, расчет которых выполняем последовательно.

Технические условия эксплуатации рассматриваемого оборудования обуславливают вероятностный характер температурного воздействия. Для расчёта ресурса трубчатых элементов необходим учёт температуры стенки трубы T как случайной величины. В этом случае интенсивность скорости деформаций ползучести v_i^c также является случайной величиной, плотность распределения которой определяется функцией

$$v_i^c = \varphi(T) \quad (1)$$

Принимаем, что случайная величина T распределена в интервале $T_0 - \Delta T_1 < T < T_0 + \Delta T_2$ по нормальному закону. При заданном значении \tilde{F} функции распределения $F(T)$ методом последовательных приближений

находим величину интенсивности скорости деформаций ползучести \tilde{v}_i^c , соответствующую значению \tilde{T} .

В результате численного анализа находим значения параметров состояния изделия во всех узловых точках процесса нагружения на заданном интервале изменения временного параметра τ , получая, таким образом, полное описание кинетики неізотермического вязкоупругого деформирования конструкции как случайного процесса с заданной вероятностью безотказной работы \tilde{P} .

Реализация разработанного метода осуществлена в виде программного обеспечения. Программный комплекс «LifeTube» имеет модульную структуру, функционирует в операционных системах Windows 2000/XP. Позволяет выполнять численный анализ надёжности и ресурса трубчатых элементов высокотемпературного оборудования.

Приведены результаты численного исследования надёжности и ресурса трубчатых элементов печей конверсии метана при различных режимах нагружения для заданных значений вероятности безотказной работы.

1. Термопрочность деталей машин. Под ред. И.А.Биргера и Б.Ф.Шорра. – М., "Машиностроение". 1975. 455 с., ил.

УДК 007

ПОСТРОЕНИЕ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Марченко Ю.А., Гданский Н.И.

Московский государственный университет инженерной экологии

1. Введение

Автоматизированная маршрутизация позволяет значительно повысить эффективность выполнения транспортных операций, а также устранить человека из зоны влияния неблагоприятных экологических факторов, сопутствующих химическим производствам, снизить производственный травматизм, повысить коэффициент сменности.

2. Организация автоматизированных транспортных систем

Модели внешней среды (МВС) и методы планирования движения являются основными составляющими в алгоритмическом обеспечении автоматизированных транспортных систем. В работах [1,2] по способу возможного выбора траекторий перемещения транспортных средств (ТС) предложено выделить два основных типа транспортных систем: *траекторно детерминированные* и *траекторно недетерминированные*.

К первому относятся системы с заранее предписанным либо достаточно плотным размещением объектов, между которыми движение возможно только по заранее определенному множеству траекторий либо в

ограниченных проемах. Это рельсовые, канатные и монорельсовые подвесные и другие подобные системы.

Ко второму типу относятся системы, имеющие значительные пространства для перемещения транспортных средств. Множество возможных траекторий движения при этом заранее не определено. Данные системы являются более гибкими, универсальными, однако для эффективного применения требуют применения достаточно сложных методов организации управления.

Для построения траекторий движения транспортных средств используются разные модели представления окружающей среды и соответственно различные алгоритмы решения задачи оптимизации траектории. В основном их можно свести к трем основным группам – 1) дискретные клеточные методы, 2) графовые модели, 3) комбинаторные методы с применением экспертных систем.

В качестве альтернативы к существующим в работах [1, 3] предложен *векторный метод* построения МВС, в котором объекты среды и само транспортное средство задаются в виде плоских геометрических контуров. Для упрощения и ускорения анализа взаимного расположения плоских объектов наряду с контурным предусмотрено использование приближенных моделей в виде прямоугольников, кругов и выпуклых многогранников. Векторные модели сочетают малые размеры необходимой памяти с возможностью реализации оптимальных алгоритмов маршрутизации в режиме реального времени. Траектория движения ТС приближенно задается в виде опорной ломаной.

Векторный метод, как и все рассмотренные выше, рассчитан на построение точных моделей препятствий внешней среды. Данное требование налагает жесткие требования на методы построения МВС.

Высокая точность при построении МВС на практике обычно реализуется при помощи лазерного сканирования окружающей среды с последующей обработкой большого количества информации. Это существенно замедляет процессы распознавания окружающей среды и построения МВС и, тем самым, значительно снижает быстродействие и общий эффект от применения автоматизированных транспортных систем.

Альтернативой к лазерному сканированию является применение более быстрых способов построения МВС, основанных на визуальной информации, получаемой от систем видеонаблюдения, работающих в видимом или инфракрасном диапазоне спектра. Наряду с возможностью засветки и затенения (в основном, для видеокамер, работающих в видимом диапазоне) основным недостатком данных систем являются более высокие погрешности, получаемые при распознавании удаленных объектов внешней среды, по сравнению с практически точным лазерным распознаванием.

Для корректного использования данных, содержащих погрешности, необходимо применение соответствующих МВС. Наиболее логично в этом

случае использование методов, аналогичных тем, что применяются в нечеткой теории множеств и нечеткой логике.

3. Использование погрешностей при решении задачи маршрутизации

В наиболее обобщенной постановке задача маршрутизации формулируется следующим образом. Необходимо оптимальным образом переместить ТС из начальной точки P в конечную точку $P_{\text{кон}}$. Под критерием оптимальности обычно понимают минимум: а) затрат времени, б) затрат энергии либо в) пройденного пути. Значение критерия для ломаной L обозначим через $F(L)$.

Для учета погрешностей измерения (а также погрешностей построения) предложено модифицировать векторный подход, введя дополнительно для каждой из вершин контуров объектов точность, с которой известно ее пространственное положение. На практике для математической и программной моделей среды это означает введение дополнительного линейного массива в уточненных моделях. Учет погрешностей позволяет рассчитать как минимально возможную (гарантированную), так и максимальную часть плоскости, занимаемую препятствием.

Очевидно, для предотвращения столкновения с препятствиями при планировании перемещения объекта в МВС необходимо задавать максимальные контуры препятствий.

Замена “точных” контуров (т.е. некоторых усредненных их вариантов, у которых не учитываются погрешности пространственного положения) максимальными приводит к тому, что опорные ломаные траекторий движения ТС несколько удлиняются – обычно менее 10%. Однако такая замена уже на этапе планирования траектории позволяет предотвратить столкновение ТС с препятствиями и не требует активного использования при движении по траектории различного рода датчиков, регистрирующих наличие препятствий (инфракрасные, ультразвуковые и др.). Это дает возможность значительно поднять скорость перемещения ТС по траектории. Множество всех опорных ломаных, по которым возможно перемещение ТС из начальной точки P в конечную точку $P_{\text{кон}}$ при данном допущении обозначим через $\{L_i\}^M$, оптимальную из них по заданному критерию – через L_{opt}^M , значение критерия на ней - F_{opt}^M .

Более существенным недостатком по сравнению с удлинением траектории при использовании только максимальных контуров препятствий является то, что из-за неопределенности, возникающей при максимальном учете погрешностей, отбраковываются опорные ломаные, которые, возможно будут более оптимальными по сравнению с L_{opt}^M .

Для учета таких ломаных необходимо рассматривать и такие траектории, в которых обход препятствий не гарантирован, но возможен. Множество таких траекторий обозначим через $\{L_i\}^B$, наиболее оптимальную из них по заданному критерию – через L_{opt}^B , $F(L_{\text{opt}}^B) = F_{\text{opt}}^B$.

Так как множество $\{L_i\}^B$ более широкое, по сравнению с $\{L_i\}^M$, то в общем случае выполняются следующие соотношения:

$$\{L_i\}^M \subseteq \{L_i\}^B; \quad F_{onm}^M \geq F_{onm}^B.$$

Поскольку анализ множества ломаных $\{L_i\}^M$ более прост, определение оптимальной из них L_{onm}^M необходимо производить на начальном этапе решения задачи. Величина F_{onm}^M является реальным ориентиром, позволяющим эффективно производить отсечение при переборе ломаных из более широкого множества $\{L_i\}^B$.

При анализе возможных ломаных L_i^B из $\{L_i\}^B$, в первую очередь возникает проблема определения для них величины критерия оптимальности $F(L_i^B)$. Для этого предлагается в зависимости от величины сужения вводить на проходимом участке ломаной штрафной множитель в соответствующее слагаемое значения целевой функции. Для формирования такого штрафного множителя предложен следующие подход.

Допустим, величина проема между препятствиями для свободного прохода ТС должна быть не менее Δ . Это значение определяется габаритами ТС и его маневренностью. Обозначим через δ среднее значение некоторого проема между препятствиями, а через α - суммарное значение точности, с которой известны пространственные положения границ препятствий в данном проеме. Также выделяем участок l ломаной, на которой ТС проходит данное препятствие. Через $F(l)$ обозначим значение целевой функции на участке ломаной.

Рассмотрим основные ситуации.

1. При $\Delta < \delta$ проем достаточен для прохода ТС, он может быть использован как при построении ломаных в множестве $\{L_i\}^M$, так и для ломаных из $\{L_i\}^B$. Штраф не применяется.
2. При $\Delta > \delta + 2\alpha$ проем не может быть пройден ТС. Он не может быть использован для построения ломаных ни в $\{L_i\}^M$, ни в $\{L_i\}^B$.
3. При $\delta \leq \Delta \leq \delta + 2\alpha$ проход через проем возможен. Такого вида проемы не учитываются при построении ломаных в множестве $\{L_i\}^M$, но используются для построения ломаных в $\{L_i\}^B$. При расчете значения критерия для формируемой ломаной предложено использование штрафного коэффициента $S(\delta, \alpha, \Delta)$, который бы линейно изменялся от 1 при $\delta = \Delta$ до заданного максимального значения $M > 1$ при предельно малом значении ширины проема $\delta = \Delta - 2\alpha$. Линейная функция, построенная по этим условиям имеет вид:

$$S(\delta, \alpha, \Delta) = \frac{(M-1)(\Delta - \delta)}{2\alpha} + 1.$$

Таким образом, при отсутствии прохождения проема значение целевой функции на рассматриваемом участке l ломаной равно $F(l)$, а при наличии проема – $S(\delta, \alpha, \Delta)F(l)$. Данный прием позволяет использовать для анализа ломаные из множества $\{L_i\}^B$.

Перед перебором ломаных из $\{L_i\}^B$ в качестве текущей оптимальной траектории принимаем наилучшую L_{onm}^M на множестве $\{L_i\}^M$, текущим оптимальным значением критерия $F_{onm} = F(L_{onm}^M)$. Затем в процессе построения ломаных из $\{L_i\}^B$ для каждой из них L_i^B вычисляется значение критерия оптимальности $F(L_i^B)$. Если $F(L_i^B) \geq F_{onm}$, то ломаная отбрасывается. Если $F(L_i^B) < F_{onm}$, то данная ломаная L_i^B принимается в качестве текущей оптимальной и производится присваивание $F_{onm} = F(L_i^B)$.

На рис.1 показан пример решения задачи по перемещению транспортного средства. Жирными ломаными линиями показаны усредненные контуры препятствий 1 и 2. Окружностью для каждой вершины контура препятствия отмечена величина погрешности, с которой в модели известно ее положение на плоскости Oxy . Штриховкой выделена минимально возможная (гарантированная) часть плоскости, занимаемая препятствием, Внешний контур задает максимально возможную часть плоскости, занимаемую препятствием. ТС имеет собственные габаритные размеры a и b . Для того, чтобы обеспечить необходимую маневренность, для прохода ТС необходимо обеспечить свободную полосу некоторой ширины Δ .

Анализ конкретной возникшей ситуации показывает, что возможны три траектории движения: L_1 – с огибанием препятствия 1 слева, L_2 – с прохождением промежутка между препятствиями, L_3 – с огибанием препятствия 2 справа. Множество ломаных $\{L_i\}^M$ включает $\{L_1, L_3\}$. Оптимальной из них является $L_{onm}^M = L_3$. Множество ломаных $\{L_i\}^B$ включает $\{L_1, L_2, L_3\}$. Величины, используемые для расчета значения критерия на участке, проходящем в проеме между препятствиями 1 и 2, показаны на рис.1. Это l – длина участка ломаной между точками А и В, на которой ТС проходит проем, $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ – суммарная погрешность границ проема.

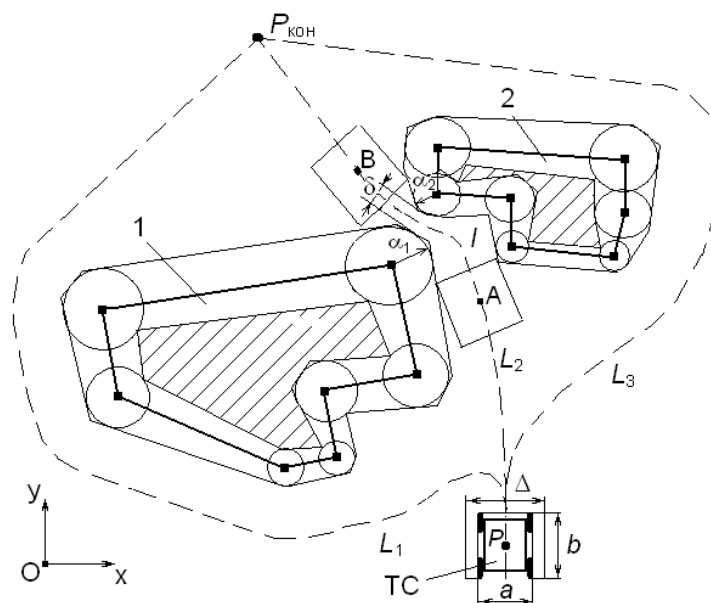


Рис.1. Пример решения задачи по перемещению ТС

4. Заключение

В настоящее время для обеспечения гибкого выполнения транспортных операций наиболее перспективными являются автоматизированные системы с траекторно недетерминированной средой. Для траекторно недетерминированных сред наиболее эффективным с точки зрения описания геометрических характеристик объектов, занимаемой памяти ЭВМ и ее вычислительных ресурсов, является способ построения плоской модели внешней среды с помощью замкнутых контуров.

Предложенный подход к построению МВС и решению задач маршрутизации ТС позволяет создавать “быстрые” алгоритмы решения данных задач.

1. Гданский Н.И., Мальцевский В.В., Засед В.В., Михайлов А.А. Автономная идентификация положения и ориентации мобильных объектов во вредных и опасных средах. Химическое и нефтяное машиностроение. №12, 2006 г., с.34-36.
2. Гданский Н.И., Мальцевский В.В., Засед В.В. Автоматизированная маршрутизация мобильных средств внутрицехового транспорта химических производств. Тр. IV МНПК “Экологические проблемы индустриальных мегаполисов” МГУИЭ, Изд. центр МГУИЭ, М., 2007, с.369-376.
3. Гданский Н.И., Мальцевский В.В., Засед В.В. Векторное моделирование плоских объектов для решения задач мобильной робототехники. В сб. «Научная сессия ТУСУР - 2006», часть 1, Томск: Изд-во. «В-Спектр», 2006, 160-161 с.

УДК 621

ТОЧНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ РАССТОЯНИЙ ДО ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Саитова Я.А., Гданский Н.И.

Московский государственный университет инженерной экологии

Рассмотрены методы распознавания пространственных координат точек в моно- и бинокулярных системах технического зрения.

1. Введение

В последние годы в связи с развитием производства возобновился интерес к применению автоматизированных транспортных и робототехнических средств в промышленности, энергетике и других отраслях. Однако управление ими, как правило, осуществляется удаленным оператором. При этом скорость выполнения операций и, во многих случаях, качество являются довольно низкими. Автоматизация данных функций требует, в первую очередь, эффективного распознавания объектов окружающей среды.

Для получения визуальной информации обычно используют два вида систем технического зрения:

- монокулярная система, имеющая одну камеру;
- бинокулярная, состоящая из двух камер.

Во многих случаях пространственная природа объекта в сцене имеет решающее значение. Трехмерные изображения объектов внешней среды можно использовать, в частности, для решения одной из наиболее актуальных проблем распознавания – определения местоположения и расстояния этих объектов относительно камеры.

Расстояние до объекта и его форма обычно оцениваются по характерным точкам на нем. Рассмотрим основных подходы определения расстояний до точек в системах технического зрения.

2. Основные допущения

Получение изображения камерой можно представить как идеальное проецирование изображения на прозрачный экран (рис.1).

Ось Z совмещена с оптической осью (главным лучом) камеры. Это луч, идущий от объектива перпендикулярно к плоскости изображения. Началом координат является пересечение главного луча с плоскостью изображения. Ось X направлена горизонтально, ось Y – вертикально. Расстояние от камеры до наблюдаемой точки, а также ее пространственные координаты измеряются в физических единицах длины. Проективные свойства камеры оценивают при помощи фокусного расстояния F , условно задающего положение точечного наблюдателя относительно прозрачного экрана. И фокусное расстояние, и координаты изображений точек на прозрачном экране задают в пикселях. При фиксированных настройках камеры ее фокусное расстояние проще всего определить по известной длине до эталонного объекта.

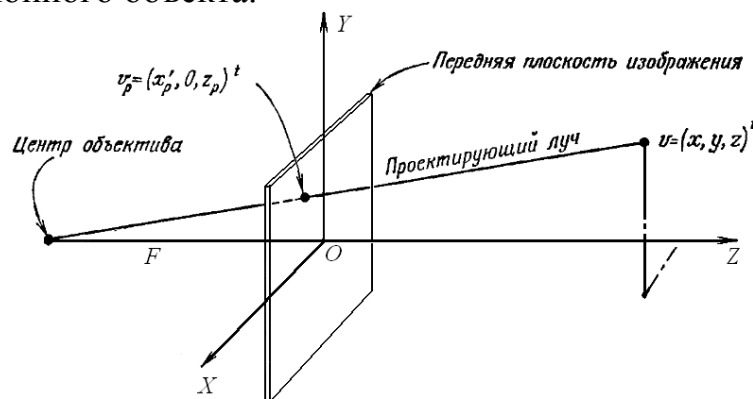


Рис.1. Модель камеры с передней плоскостью изображения

Рассмотрим основных подходы определения расстояний в монокулярных и бинокулярных системах технического зрения.

3. Монокулярные системы

В данных системах распознавание координат и расстояний по одной или нескольким осям может производиться только при известной координате камеры по каждой из данных осей.

Идея использования точки наблюдения, расположенной на полу (координата по оси X равна нулю), для определения положения объекта была предложена Робертсом (1965). Он назвал ее гипотезой об опоре.

Однако в реальных ситуациях, например: у камеры, находящейся на борту мобильного средства или установленной стационарно, расстояние до известной границы может иметь любое постоянное значение. Обозначим его H .

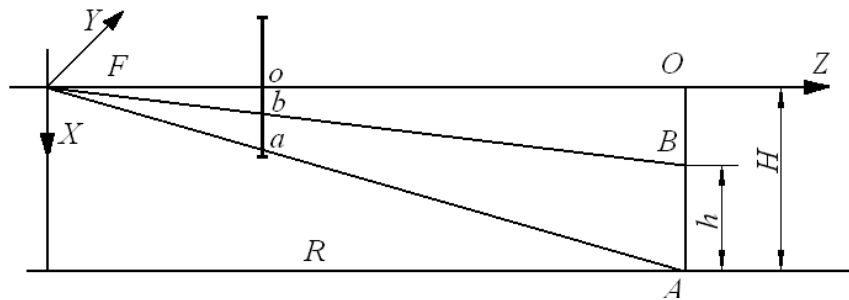


Рис.2. Схема монокулярного распознавания с известной границей

Допустим, известно положение $x_r = H$ границы относительно камеры по оси X - высота камеры. Обозначим через h высоту наблюдаемого объекта, через R расстояние до него. Проективные изображения точек A и B на матрице камеры обозначим a и b . Из геометрического подобия следует выполнение пропорций:

$$\frac{oa}{ba} = \frac{OA}{BA} = \frac{H}{h}, \quad [1]$$

$$\frac{oa}{F} = \frac{H}{R}. \quad [2]$$

Вторая пропорция может быть использована для определения фокусного расстояния F по известному расстоянию до объекта R .

$$F = \frac{H}{R} \cdot oa. \quad [3]$$

Если фокусное расстояние F известно, то по изображению a точки A можно определить расстояние до нее R и высоту наблюдаемого объекта h .

$$R = H \frac{F}{oa}, \quad [4]$$

$$h = \frac{ba \cdot H}{oa}. \quad [5]$$

Если граница известна по нескольким осям, то распознавание производится по ним аналогично.

Если нет известной границы, то монокулярное распознавание не позволяет определить расстояние R до точек и положение их по осям X и Y . В данном случае можно использовать метод стереоскопии, основанный на анализе двух изображений.

4. Бинокулярные системы

В бинокулярной системе обычно расстояние L между камерами постоянно. Его известную величину можно использовать аналогично известной границе для определения расстояний и координат точек. На рис. 3 схематически показана бинокулярная система, содержащая камеры 1 и 2. В общем случае фокусные расстояния камер F_1 и F_2 могут различаться.

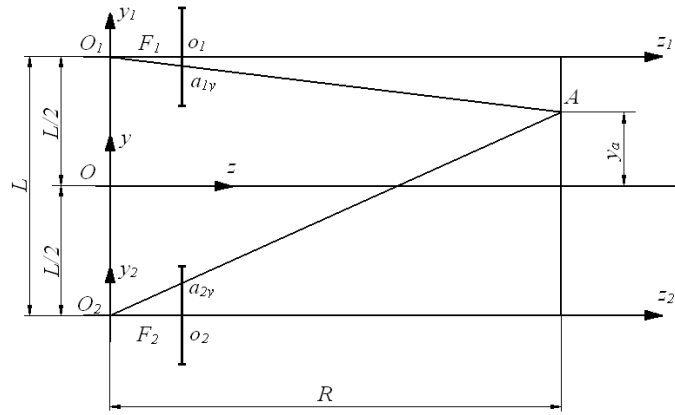


Рис.3. Схема бинокулярного распознавания в плоскости OYZ

Допустим, на матрицах камер 1 и 2 получены изображения $\underline{a}_1 = (a_{1x}, a_{1y})$ и $\underline{a}_2 = (a_{2x}, a_{2y})$ точки А. Из-за пространственной разнесенности камер изображения a_1 и a_2 занимают различные положения.

Рассмотрим распознавание по оси Y , вводя дополнительные обозначения t_{1a} и t_{2a} для тангенсов угла видимости точки А для матриц камер 1 и 2 по оси Y .

Из геометрического подобия следует выполнение пропорций:

$$\begin{cases} t_{1y} = \frac{o_1 a_{1y}}{F_1} = \frac{O_1 A}{R} = \frac{y_A - \frac{L}{2}}{R} \\ t_{2y} = \frac{o_2 a_{2y}}{F_2} = \frac{O_2 A}{R} = \frac{y_A + \frac{L}{2}}{R} \end{cases} \quad [6]$$

Решая полученную систему, находим

$$y_A = \frac{L \cdot (t_{1y} + t_{2y})}{2(t_{2y} - t_{1y})} \quad [7]$$

$$R = \frac{L}{t_{2y} - t_{1y}} \quad [8]$$

По вычисленным значениям R и y_a координату x_a можно определить с помощью одной камеры, например, камеры 1.

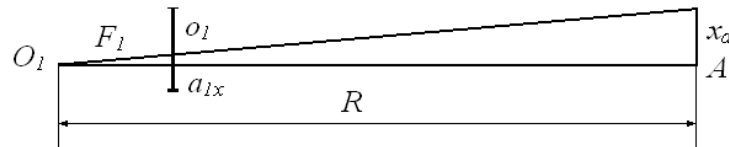


Рис.4. Схема бинокулярного распознавания в плоскости OXZ

Как видно из рис. 4, для этого можно использовать пропорцию

$$\frac{F_1}{o_1 a_{1x}} = \frac{R}{x_a} \Rightarrow x_a = R \cdot \frac{o_1 a_{1x}}{F_1} \quad [9]$$

Для изображения точки на матрице камеры 2 можно выполнить такие же расчеты, как и для камеры 1. Поэтому полученную избыточность можно использовать для уточнения получаемой координаты x_a

$$x_A = \frac{x'_A + x''_A}{2} \quad [10]$$

5. Заключение

В статье рассмотрены самые общие методы определения координат точек на пространственных объектах. На практике также используются методы, основанные на использовании реперных точек.

Реальные камеры дают искажения изображений по сравнению с идеальным проецированием на прозрачный экран, обусловленные в основном оптической системой самих камер. Поэтому для повышения точности после распознавания координат точек их необходимо скорректировать с учетом данных искажений.

1. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. Пер. с англ. Вайнштейна Г. Г. и Васьковского А. М. под редакцией Стефанюка В. Л. М.: «МИР» 1976.-502.

УДК 573.6.086.83:579.66

МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОКОНСЕРВАНТА НИЗИНА

Гула Е.А., Сергеева А.В., Бирюков В.В.

Московский государственный университет инженерной экологии

По существующей технологии производитель низина выращивают на ферментационной среде, подвергнутой ферментативному гидролизу, а затем фильтрации на ультрафильтрах с диаметром пор 15 кДа. Нами было исследовано влияние условий фильтрации ферментационной среды (различный диаметр пор ультрафильтра) на биосинтез низина.

Испытывали четыре варианта подготовки ферментационных сред:

1. Нативная без фильтрации
2. Отфильтрованная на ультрафильтрах с диаметром пор 15 кДа
3. Отфильтрованная на ультрафильтрах с диаметром пор 50 кДа
4. Отфильтрованная на микрофильтрах с диаметром пор 0,14 мкм

Ферментации проводили в 4-литровом ферментере «Biotech» с системой термо- и рН статирования при 30 °С и рН=6,8. Объем посевного материала составлял 10% от объема ферментационной среды. После проведения ферментации культуральную жидкость (КЖ) фильтровали на микрофильтрах с размером пор 0,14 мкм и определяли активность низина в концентрате. Результаты представлены в таблице.

Таблица 1. Технологические параметры 3-х режимов осветления среды

Режимы фильтрации	Н/осв	15 кДа	50 кДа	0,14 мкм
Скорость фильтрации среды, % от контроля *	-	100 (контроль)	126	153
Активность низина, МЕ/мл *	12021	9550	11358	11982
% от контроля	126%	100%	119%	125%
Скорость микрофильтрации КЖ, % от контроля	71	100	102	95

При ферментации на среде без фильтрации и на среде, осветленной на фильтрах с диаметром пор 0,14 мкм, биосинтез низина выше на 26 и 25%, соответственно, чем на среде, осветленной на фильтрах с диаметром пор 15 кДа (контрольная среда). Но скорость микрофильтрации

неосветленной КЖ на ниже, чем контрольной 29%. В то же время, скорости микрофльтраций контрольной КЖ и КЖ после очистки на фильтрах 50 кДа и 0,14 мкм сопоставимы между собой. Следовательно, использование среды, отфильтрованной на микрофилтрах с диаметром пор 0,14 мкм, в качестве ферментационной более эффективно для биосинтеза низина, чем на среде, осветленной на фильтрах 15кДа, без ухудшения эффективности фильтрации КЖ.

УДК 532.2, 536.6, 665.15.02.

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ В ПРОЦЕССАХ УПРАВЛЯЕМОГО ФОТОБИОСИНТЕЗА

Гладышев П.А.

Московский государственный университет инженерной экологии

Одним из направлений использования реакторов для культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов (фотобиореакторов) является аппаратное оформление биорегенеративных модулей для восстановления атмосферы и очистки воды в замкнутых экологических системах жизнеобеспечения [2]. Степень использования биорегенеративных подсистем определяется в процессе комплексной массоэнергетической, медико-биологической и экономической оценки для каждой конкретной системы жизнеобеспечения изолированного обитаемого объекта [4]. Следует отметить, что в состоянии непрерывного внутреннего обмена в замкнутой системе жизнеобеспечения может находиться только вещество, в то время как энергия для такой системы должна поступать от внешнего источника.

В настоящее время светоподвод в фотобиореакторах с искусственным освещением осуществляется при помощи газоразрядных ртутных и натриевых ламп, а также ламп накаливания.

Реакторы полостного типа [1] допускают применение источников света всех типов в зависимости от технологических требований. В процессах восстановления атмосферы в качестве культуры-регенератора рассматриваются термофильные штаммы хлореллы. Для освещения культуральной жидкости используются галогенные или натриевые лампы высокого давления, спектр излучения и величина светового потока которых считаются оптимальными.

Для осветительной системы лабораторной модели полостного аппарата определены оптимальные значения фотометрических характеристик и разработана методика оценки мощности осветительной системы на основе модульного принципа ее компоновки [3;5]. Показано, что в варианте комплектации осветительного блока натриевыми лампами высокого давления 80% общих энергозатрат приходится на освещение, т.к. в излучении от ламп этого вида преобладает инфракрасная составляющая. Поэтому величина рабочего объема реактора лимитируется размером встроенной системы охлаждения лампового блока. Применение выносной

системы охлаждения нарушает требование компактности установки, являющееся в ряде случаев ключевым.

Исследование возможности замены традиционных источников света на светодиодные излучатели позволит в дальнейшем использовать их преимущества: экономичность, длительный срок службы, прочность, отсутствие инфракрасного и ультрафиолетового излучения, возможность выбора излучения требуемого частотного состава (в пределах цветовых температур 3000 - 6000 К). Кроме того, безинерционность светодиодных осветительных систем позволит изучить возможность синхронизации светоподвода с внутренним циклом фотосинтетических процессов.

При использовании светодиодных излучателей ожидается четырехкратное снижение энергозатрат на освещение биомассы при увеличении срока службы осветительной системы в 50 раз. Объем реактора при работе на высоких значениях концентрации биомассы, однако, будет лимитироваться относительно невысокой величиной светового потока светодиодов. Компоновка светодиодных осветительных систем должна также осуществляться по модульному принципу.

1. А.с. № 842104 Б. и. 1992, № 26. Аппарат для культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов. – Жаворонков В.А., Казенин Д.А., Карлов С.П., Гладышев П.А., Махоткина Т.А. Патент SU 1828660 АЗ, С12М 1/00, А01 G 33/02. Заявка от 09.03.89.

2. Сычѳв В.Н., Левинских М.А., Подольский И.Г., Шепелев Е.Я. Продукционный процесс фотоавтотрофных организмов в условиях невесомости. - Тез. докл. Росс. конфер. Проблемы обитаемости в гермообъектах. М. 2001 с. 184-186.2

3. Эпштейн М.И. Измерения оптического излучения в электронике. – М., «Энергия», 1975. – 248 с.

4. Salisbury F.B., Gitelson J.I., Lisovsky G.M. Bios-3: Siberian Experiments in Bioregenerative Life Support. // BioScience, vol 47, №8, 1997.

5. Гладышев П.А. Разработка фотобиореакторов для замкнутых экологических систем жизнеобеспечения - Автореф. дис. канд. техн. наук. М., 2007.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ ЭНДОГЛЮКАНАЗ, СИНТЕЗИРУЕМЫХ КУЛЬТУРАМИ *CELLULOMONAS*

Мордвинова Е.М., Сергеева А.В., Зубов Д.В., Толчѳнов А.А.

Московский государственный университет инженерной экологии

Постоянно растет интерес к целлюлозосодержащему сырью, возобновляемые запасы в мире которого почти безграничны. Гидролиз целлюлозы приводит к высвобождению глюкозы, которую можно использовать для получения различных продуктов биотехнологии, в том числе для производства пищевых и кормовых белковых препаратов.

Целлюлоза – очень сложный субстрат для воздействия ферментов. Ферментативная декструкция целлюлозы происходит под действием не отдельных целлюлолитических ферментов, а ферментных комплексов. Определение активности целлюлолитических ферментов затруднено из-за

перекрывающейся субстратной специфичности компонентов целлюлазного комплекса. Более того, компоненты целлюлазного комплекса усиливают действие друг друга при воздействии на лигнинцеллюлозные субстраты. Определению активности целлюлаз уделяется большое внимание, продолжается поиск новых общих и селективных методов их детекции, поиск ингибиторов и субстратов, исходя из их субстратной специфичности [1].

Важнейшая роль в деструкции целлюлозы принадлежит эндоглюканазам. В большинстве случаев активность эндоглюканаз определяют по воздействию на карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ) и выражают в относительных единицах. Методы определения целлюлаз в клонах при расसेве культуры-продуцента на отдельные колонии имеют значение для скрининга продуцентов целлюлазного комплекса, селекции по признаку активности эндоглюканаз, выявления изоферментов в ходе биосинтеза и фракционирования целлюлаз.

Одним из наиболее распространенным является метод, основанный на том, что взаимодействие красителя конго-красного с полисахаридом, содержащим связи $\beta(1.4)$ или $\beta(1.3)$ дает комплекс насыщенного красного цвета, образование которого предотвращается действием β -глюканаз. Низкомолекулярные продукты гидролиза КМЦ образуют неокрашенный комплекс с красителем конго красным, из-за чего в месте локализации фермента после проявления в агаризованной среде, образуется зона просветления, хорошо различимая на красном фоне [2]. При использовании этого метода, важно учитывать тот фактор, что некоторые компоненты питательной могут оказывать положительное воздействие на формирование зоны просветления, что приводит к возникновению погрешности при тестировании эндоглюканазной активности [2]. Поэтому перед определением ферментной активности тестируемой культуры необходимо убедиться в отсутствии факторов, влияющих на образование зон просветления. В результате проведенных экспериментов для выращивания *Cellulomonas* с целью определения целлюлолитической активности была установлена питательная среда, состава (г/л): микрокристаллическая целлюлоза - 10; K_2HPO_4 - 1; $NaNO_3$ - 1; KCl - 0,5; $MgSO_4 \times 7H_2O$ - 0,5, которая не оказывает влияние на результат определения эндоглюканазной активности методом с красителем конго-красным.

При разработке данного метода были установлены доза супернатанта культуральной жидкости, закапываемая в лунки, кислотность агаризованной среды с Na-КМЦ, температура диффузии, время диффузии, время инкубирования культуры *Cellulomonas* на среде с микрокристаллической целлюлозой. Результаты представлены на рисунках 1 и 2.

Первоначально было установлено время накопления максимальной активности целлюлолитического фермента культуры при росте в подобранной питательной среде. Для этого, после 3, 4 и 5 суток

ферментации отбирали культуральную жидкость, центрифугировали при 7 °С, а супернатант в количестве 200 мкл закапывали в лунки в агаризованной среде с Na-КМЦ с различной кислотностью для установления оптимального значения рН активности фермента. Величину показателя рН среды варьировали – от 5,8 до 7,0.

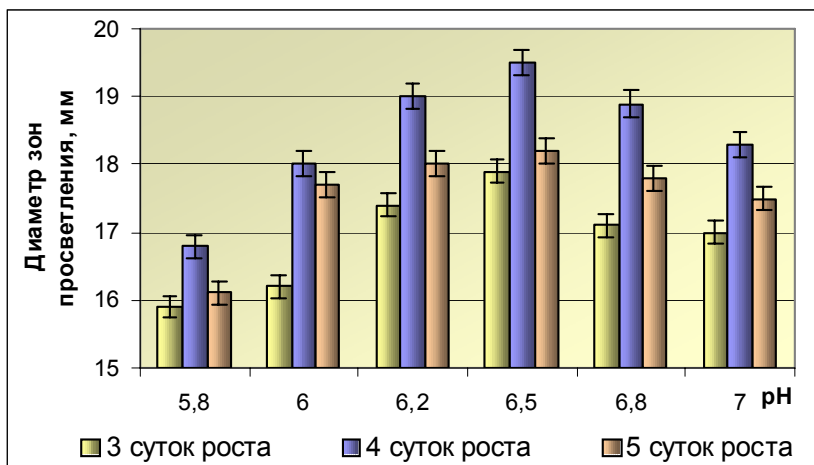


Рис.1. Зависимость диаметра зон просветления от кислотности агаризованной среды для культуры разного возраста.

Из рисунка 1 видно, что кислотность агаризованной среды для тестирования активности целлюлолитических ферментов должна быть в области рН=6,5. Полученные нами результаты хорошо согласуются с литературными данными (3,4), т.к. известно, что эндоглюканазы наиболее активны в области рН=6,5. Также установлено, что максимальные зоны просветления наблюдаются в 4-х суточной культуре.

Было установлено, что при инкубировании чашек с агаризованной средой в термостате в течение 16-18 часов наибольшие зоны просветления образуются при температуре 37 °С (см. рис.2).

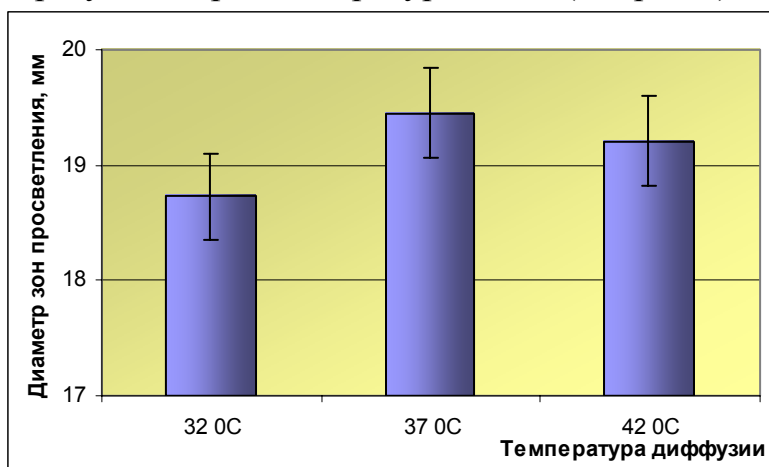


Рис.2. Зависимость величины зон просветления от температуры диффузии.

При разработке данного метода все вышеописанные параметры подбирались и оптимизировались на чашках Петри с агаризованной средой

с Na-КМЦ. Как видно на рисунке 3а, на чашках Петри можно тестировать одновременно не более 5 вариантов. Поэтому для проверки большего количества вариантов чашки были заменены на стерильные лотки фирмы «CORNING» размером 230×230 мм, см. рис.15б. Объем агаризованной среды, необходимый для обеспечения высоты лунки 6-7 мм, составил 300мл на такой лоток. С помощью лотков можно одновременно анализировать до 60 вариантов.



а)



б)

Рис.3. Определение целлюлолитической активности по величине зон просветления: а) - на чашках Петри; б) - на лотках.

Таким образом, был предложен модернизированный метод определения целлюлолитической активности у культуры *Cellulomonas* и выбраны следующие параметры проведения анализа:

1. Для культивирования штаммов *Cellulomonas* предложена питательная среда, состава (г/л): целлюлоза - 10; K_2HPO_4 - 1; $NaNO_3$ - 1; K_2HPO_4 - 1; KCl - 0,5; $MgSO_4 \times 7H_2O$ - 0,5.
 2. Время культивирования *Cellulomonas* в колбах на качалке составляет 4 суток при $t=30 \pm 1^\circ C$;
 3. Оптимальное значение pH агаризованной среды с Na-КМЦ составляет 6,5. Среда готовится на фосфатном буфере; доза культуральной жидкости и стандартных растворов, закапываемых в лунки, составляет 200 мкл; диффузия проводится в термостате при температуре $37^\circ C$; время диффузии составляет 16-18 часов;
 4. Использование пластиковых лотков позволяет анализировать одновременно большое количество вариантов (до 57 вариантов).
1. Сеницын А.П. Биоконверсия лигноцеллюлозных материалов / А.П. Сеницын, А.В. Гусаков, В.М. Черноглазов. – Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1995.- с. 127.

2. Teather R.M., Wood P.J. Use of Congo red –polysaccharide interactions in enumeration and characterization of cellulolytic bacteria from bovine rumen //Appl.Environ.Microbiol.1982.Vol.43.P.777-780.
- 3.Malek, M.A. Bacterial cellulases and saccharification of lignocellulosic materials./ M.A. Malek, N.A. Chowdhury, Q.M. Yousuf, N. Choudhury // Enzyme Microbiol. Technol.-1988.-V.10.-P.750-753.
4. Immanuel, G. Effect of different growth parameters on endoglucanase enzyme activity by bacteria isolated from coir retting effluents of estuarine environment. / G. Immanuel, R. Dhanusha, P. Prema, A. Palavesam. // Int. J. Environ. Sci. Tech.- 2006.- V. 3(1).- P. 25-34.

УДК 628.3 (075.8)

МОДИФИКАЦИЯ АЭРОТЕНКОВ КОРИДОРНОГО ТИПА С ЦЕЛЮ УМЕНЬШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АЗОТА И ФОСФОРА В ОЧИЩЕННОЙ СТОЧНОЙ ВОДЕ

Кудинова А.В., Мещерякова Н.Н., Поляков А.Н.

Московский государственный университет инженерной экологии

Рассмотрен опыт применения различных схем совместной биологической очистки сточных вод от органических загрязнений и биогенных элементов в аэротенках. Выделены наиболее интересные варианты для практической реализации путем модификации конструкции типовых коридорных аэротенков.

Возросшие требования к очистке сточных вод, предусматривающие снижение содержания в них азота и фосфора до нормативного перед сбросом в водоем, приводят к необходимости модификации существующих типовых конструкций аэротенков с изменением их конфигурации путем создания в них (наряду с аэробными) анаэробных и аноксидных зон для осуществления процессов нитрификации-денитрификации и дефосфатации. Интересной с практической точки зрения является модификация наиболее распространенных аэротенков коридорного типа (например, аэротенков-вытеснителей конструкции ЦНИИЭП инженерного оборудования зданий и сооружений). Анализ представленных в научно-информационных источниках [1,2] схем для биологического снижения содержания азота и фосфора в сточной воде выявил их разнообразие и многочисленность, однако в связи со сложностью одновременной оптимальной организации двух процессов (снижения концентрации азота и фосфора) ряд предлагаемых схем не обеспечивает требуемой глубины очистки, другие требуют существенных капитальных затрат на переделку и оснащение современным оборудованием для поддержания активного ила во взвешенном состоянии в аноксидных зонах и аэрации в аэробных зонах. Широко известные четырехступенчатая схема Vardenpho и схема «пошаговой конфигурации», общей характерной особенностью которых является

чередование аноксидных и аэробных зон, позволяют достигать хорошей очистки от азота при недостаточной очистке от фосфора. Модифицированная схема МУСТ и пятиступенчатая схема Vardenpho, отличительной особенностью которых является использование анаэробной зоны в качестве первой по ходу очищаемой воды, с последующим чередованием аноксидных и аэробных зон, более эффективно удаляют азот и особенно фосфор. Считается, что модифицированная схема МУСТ обеспечивает хорошую очистку от азота и отличную от фосфора, пятиступенчатая схема Vardenpho более хороша для снижения содержания азота при достаточно хорошей очистке от фосфора. Общей для двух последних схем является необходимость подачи в анаэробную зону для успешной дефосфатации специально организованного потока сточной воды, содержащей легко окисляемую органику (летучие жирные кислоты), которая образуется на начальной стадии анаэробного сбразивания осадков сточных вод в двухъярусных отстойниках или в специально для этого предназначенных анаэробных отстойниках – ацидофикаторах. Предусмотрен также рециркуляционный поток обогащенного фосфором активного ила из аэробной (или аноксидной) зоны в анаэробную и традиционный рециркуляционный поток возвратного активного ила из вторичного отстойника после отстаивания. Несмотря на схожесть этих схем, позволяющую принять их за основу модификации аэротенков, в ходе анализа отмечены различия в расположении аэробных и аноксидных зон и использовании внутренних рециркуляционных потоков между зонами, что необходимо учитывать при выборе конкретной конфигурации аэротенка. Наличие нескольких зон с разными аэрационными режимами и внутренних рециркуляционных потоков требует установки дополнительных перегородок в аэротенке, устройства переточных окон в перегородках и использования мощных погружных рециркуляционных насосов. При этом устройство аноксидных зон, требующих перемешивания активного ила без аэрации, исключает возможность использования механических перемешивающих устройств, образующих гидродинамическую воронку и вовлекающих атмосферный воздух в воду, а предполагает использование глубинных низкооборотных мешалок с погружными герметичными электродвигателями.

Рассмотрены варианты модификации четырехкоридорного аэротенка в процессе проектирования путем изменения его конфигурации с принятием за основу двух различных схем: схемы МУСТ (предпочтительной для снижения содержания фосфора) и пятиступенчатой схемы Vardenpho (для преобладающего снижения содержания азота).

1. Жмур Н.С. Технологические и биологические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. -М.:Акварос, 2003. - 512с.

2. Баженов В.И. Инженерное оформление крупных аэротенков по экономическому принципу / Водочистка. № 4, 2008. – С.49 - 59.

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В РОССИИ И ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ

¹Шпильрайн Э.Э., ²Вайнштейн С.И., ²Севастьянов А.П.

¹Объединенный институт высоких температур РАН

²Московский государственный университет инженерной экологии

Рассмотрены проблемы использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России и за рубежом. Основное внимание уделено подготовке специалистов в области ВИЭ. Предложено примерное содержание учебного плана для подготовки специалиста в области ВИЭ в технических ВУЗах России.

Источником энергии, пригодной для использования, является любая система, не находящаяся в равновесии с окружающей средой. Это утверждение составляет прикладную сущность Второго закона термодинамики.

Любая неравновесная система в природных условиях стремится с тон или пион скоростью прийти в равновесие с окружающей средой. При этом вся потенциально полезная энергия неравновесной системы переходит в тепло при температуре окружающей среды, которое на основании второго закона термодинамики не может быть далее преобразовано в полезные для человека виды энергии.

Задача энергетики состоит в том, чтобы с помощью тех или иных технических устройств, преобразовать энергию неравновесной системы в необходимые формы энергии, до того как она превратилась в тепло при температуре окружающей среды.

По соображениям защиты окружающей среды, энергетической безопасности стран, не имеющих собственных ресурсов органического топлива, по социальным мотивам, во многих странах мира все большее внимание уделяется возобновляемым источникам энергии (ВИЭ).

Интерес к ВИЭ определяется двумя обстоятельствами: их экологической чистотой и возможностью обеспечить устойчивое развитие энергетики.

Современная энергетика является одним из основных антропогенных факторов, отрицательно влияющих на окружающую среду. Сегодня в энергетическом балансе мира около 85% занимают ископаемые топлива (уголь, нефть, природный газ), сжигание которых на электростанциях, котельных, бытовых установках, транспортных средствах сопровождается вредными выбросами в атмосферу, гидросферу и литосферу.

О тепловом загрязнении окружающей среды за счет работы энергетического сектора можно сказать, что пока антропогенное

тепловыделение, по-видимому, пренебрежимо мало и в глобальном масштабе планета с ним справляется. Но энергетика развивается бурными темпами, и, глядя вперед, об этом надо задумываться. Отдельная проблема - локальное тепловое загрязнение, приводящее к тому, что средняя температура вблизи электростанций, в крупных городах на несколько градусов превышает температуру за их пределами.

Использование ВИЭ в подавляющем большинстве случаев не сопровождается ни химическим, ни тепловым загрязнением. Это является одним из важнейших аргументов в пользу ВИЭ.

Стремление к устойчивому развитию - второй фактор, определяющий интерес к ВИЭ. Ясно, что удовлетворение потребностей человечества в энергии за счет невозобновляемых источников не может соответствовать принципам устойчивого развития. Можно спорить о том, на сколько лет хватит традиционных топлив и урана, но нельзя не согласиться с тем, что этот срок конечен. Только ВИЭ могут в принципе решить эту проблему.

Казалось бы, все говорит в пользу перевода энергетики на ВИЭ. Но это стремление ограничивается стоимостью энергии, получаемой от ВИЭ.

Под возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) обычно понимают:

- солнечную энергию;
- энергию ветра;
- энергию биомассы, включая отходы;
- геотермальную энергию;
- энергию малых рек и водотоков*;
- энергию, сосредоточенную в низкопотенциальных источниках тепла;
- энергию, связанную с наличием естественных разностей температур в природе;
- энергию волн и морских течений;
- энергию, связанную с разностью соленостей пресной и морской воды
- энергию приливов;

Наиболее общие положительные характеристики ВИЭ:

-огромный валовый потенциал всех ВИЭ в расчете на всю территорию страны;

-в большинстве случаев экологическая чистота;

- наличие того или иного ВИЭ практически в любом месте.

В то же время ВИЭ не свободны от недостатков:

-малые удельные плотности энергии (в расчете на единицу поверхности, воспринимающей эту энергию);

-значительное, в ряде случаев произвольное, непостоянство поступления энергии во времени.

Малые плотности энергии требуют больших поверхностей или объемов для получения необходимого количества энергии, а, значит, определяют при прочих равных условиях высокую стоимость

оборудования, преобразующего исходную энергию в нужную потребителю форму энергии (электроэнергия, тепло).

Непостоянство поступления энергии во времени, несовпадение этого поступления с графиком потребностей потребителя, требует либо использования аккумуляторов энергии, либо каких-нибудь дублирующих источников энергии. Это опять таки удорожает всю систему в целом.

Сказанное приводит к тому, что энергия, получаемая от ВИЭ, как правило, существенно дороже, чем энергия, получаемая от традиционных топлив, от больших ГЭС или от атомных электростанций. Прямое сопоставление стоимости единицы энергии, получаемой от ВИЭ, с традиционной энергетикой, в большинстве случаев, сегодня складывается не в пользу ВИЭ. Упомянутые выше достоинства ВИЭ (экологическая чистота и возможность устойчивого развития), к сожалению, до сего дня не находят прямого отражения при экономических расчетах.

Интересен пример США, как страны, уделяющей особое внимание использованию ВИЭ. В 2000 г. ВИЭ в США произвели 6.6 квад энергии при общем потреблении 98.5 квад, т.е. около 7% (1квад = 1.06 ЭДж). При этом вклад отдельных видов ВИЭ, квад, следующий:

Биомасса	3.3
Малые гидро	2.8
Геотермика	0.32
Солнце	0.07 (в основном нагрев воды)
Ветер	0.05

Особенно существенно, что темпы ввода новых мощностей ВИЭ в последние годы весьма велики. Например, годовой прирост установленной мощности ветровых агрегатов с 2001 по 2002 г. составил в мире 31%. Во многих индустриально развитых странах мира, исходя из условий энергетической безопасности и желания уменьшить вредное воздействие на окружающую среду, приняты амбициозные правительственные программы увеличения доли ВИЭ в энергетическом балансе и сформулированы законодательные положения, стимулирующие разработку соответствующего оборудования и использование ВИЭ.

Использованием ВИЭ в России

Современный (2007 г.) топливно-энергетический баланс (ТЭБ) России складывается следующим образом:

природный газ	49,8%
нефть и конденсат	31,6%
уголь	10,7%
гидроэнергия	4,0%
атомная энергия	2,5%
нетрадиционные ВИЭ	0,1%

Видно, что вклад ВИЭ в сегодняшний ТЭБ страны пренебрежим. На перспективу (2015 г.), в зависимости от сценария, вклад ВИЭ оценивается в 0,3 - 0,4%, т.е. за неполное десятилетие планируется 3-4-кратный рост доли ВИЭ в ТЭБе, а с учетом того, что планируется общий рост

потребления энергии по абсолютной величине, потребление энергии от ВИЭ предположительно должно возрасти в 5-7 раз с 1 млн. т у. т. до 5-7 млн. т у.т.

Это огромный прирост, который требует принятия поддерживающих мер на государственном уровне, развития научных исследований, подготовки квалифицированных кадров и развития соответствующих производств, выпускающих оборудование для установок, использующих ВИЭ. Важно отметить, что достижение показателей, приведенных выше, имеет кроме того огромное социальное и политическое значение. Применение ВИЭ предполагается в первую очередь в энергодефицитных районах, использующих сегодня дорогое привозное топливо. Потребители в этих регионах испытывают постоянный недостаток в основных видах энергоносителей (электроэнергии, тепловой энергии, котельно-печном топливе). Промышленная продукция этих регионов из-за дорогой энергии оказывается неконкурентоспособной, что приводит к свертыванию энергоемких производств, вызывая дополнительную социальную напряженность.

Возникает вопрос: нужно ли настаивать на внедрении ВИЭ в сегодняшней России и в ближайшей перспективе? Где и зачем это надо делать, что необходимо, чтобы это могло происходить?

Первое, что надо признать:

энергия, которую можно получить от ВИЭ **в обычных условиях** дороже, чем от традиционных источников.

Но там, где традиционных источников нет, где приходится базироваться на привозном топливе, ситуация иная. Известно, сколь напряженной является энергетическая обстановка на Дальнем Востоке, в северных регионах. Много лет идет разговор о том, что было бы экономически целесообразно часть средств, выделяемых на «северный завоз», направить на развертывание ВИЭ и, в частности ветровых энергетических установок (ВЭУ).

В ряде случаев ВИЭ могли бы иметь и свой рынок в других регионах, как автономные установки сравнительно небольшой мощности для потребителей, не присоединенных к централизованным системам энергоснабжения. Тогда высокая стоимость энергии от ВИЭ отходит на второй план, ибо вопрос стоит: иметь или не иметь электроэнергию.

Особо отметим фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), ВЭУ, малые ГЭС, которые могут быть применены и там, где централизованное энергоснабжение есть. В этом случае частный владелец может пожелать иметь, например ФЭП или ВЭУ, для того, чтобы повысить надежность своего энергоснабжения. Но он не хочет порывать связь с системой, желая покупать электроэнергию из сети и продавать излишки в сеть. А это требует специального поощрительного законодательства, какое введено в ряде стран, например в Германии.

Потенциал ВИЭ на всей территории России огромен. В любом из регионов имеются ресурсы тех или иных ВИЭ, которые могли бы полностью удовлетворить их энергетические потребности. Однако,

несмотря на очевидную целесообразность, внедрение ВИЭ идет с большим трудом. Назовем некоторые проблемы, сдерживающие использование ВИЭ.

- Косность, инерционность людей, ведающих энергетикой, которым свойственно пренебрежительное отношение к ВИЭ.

- Отсутствие необходимого сравнительно недорогого и надежного оборудования. В ряде случаев оборудование можно было бы импортировать, однако, значительно больший интерес представляет его производство на отечественных предприятиях.

- Отсутствие законодательства, регламентирующего взаимоотношение производителей энергии от ВИЭ и централизованных систем энергоснабжения.

- Отсутствие разработок по использованию комбинированных систем с различными ВИЭ, позволяющих в ряде случаев преодолеть основной недостаток ВИЭ - непостоянство поступления энергии.

- Отсутствие или недостаток финансов у производителей и потребителей и неуверенность кредитных учреждений и потенциальных инвесторов в возможностях скорого возврата средств.

Нужно особо отметить и проблему отсутствия подготовленных кадров, знающих ВИЭ и умеющих внедрять их в жизнь.

В связи с проблемой подготовки кадров следует отметить некоторые особенности ВИЭ.

К ВИЭ относится, как мы рассмотрели ранее широкий круг источников, большинство из которых является производными от солнечной энергии. Исключением являются геотермальная и приливная энергия.

Особенность ВИЭ состоит в том, что использование этой энергии основано на весьма различных принципах.

- Солнечные теплоиспользующие установки преобразуют простейшую солнечную радиацию в тепло среднетемпературного потенциала.
- Солнечные электростанции (СЭС) используют концентрированную с помощью следящих за солнцем зеркал солнечную радиацию для получения высокотемпературного тепла с последующим преобразованием его в работу в термодинамическом цикле.
- Солнечные фотоэлектрические установки (ФЭУ) основаны на прямом преобразовании солнечной радиации в электроэнергию за счет внутреннего фотоэффекта в специальных полупроводниковых материалах.
- Ветровые энергетические установки (ВЭУ) используют кинетическую энергию ветрового потока, преобразуя ее в энергию вращения рабочего колеса, соединенного с генератором.
- Энергию биомассы используют двумя принципиально различными путями: термохимическим путем, включая прямое сжигание, газификацию и пиролиз, и биохимическим путем с получением

биогаза или этанола.

- К ВИЭ обычно причисляют и энергию малых рек. Принцип использования этой энергии не отличается от такового для крупных ГЭС.
- В природе огромные массы воды и воздуха имеют под воздействием солнечной радиации различные температуры. Эти разности температур, как правило малые, могут быть использованы в соответствующих термодинамических циклах для производства электроэнергии (ОТЕС, АWТЕС).
- Разности температур существуют и в толще Земли. За счет теплового потока, идущего из недр Земли к поверхности, в земле устанавливается градиент температур. В результате на различных глубинах существуют сухие горные породы или флюиды, имеющие температуру, превышающую температуру на поверхности. Эта разность температур может быть использована в ГеоТЭС или как источник тепла низкого потенциала.
- Геотермальные и другие источники низкопотенциального тепла могут быть использованы для горячего водоснабжения, отопления и технологических процессов в случае необходимости в сочетании с тепловыми насосами.
- Силы тяготения в системе Земля-Луна-Солнце в сочетании с центробежными силами, вызванными вращением Земли вокруг общего с Луной центра тяжести, приводят к возникновению приливных волн, кинетическая и потенциальная энергия которых может быть преобразована в полезную работу.

Все это многообразие делает проблему образования и профессиональной подготовки в области ВИЭ достаточно сложной.

Обсуждая вопрос о подготовке специалистов-инженеров в той или иной области, следует, прежде всего, определить какова будет его область деятельности. Будет ли он исследовать фундаментальные процессы, лежащие в основе выбранной специальности; разрабатывать и конструировать соответствующее оборудование; проектировать установки и системы; эксплуатировать эти установки; изучать экологические аспекты, связанные с выбранным направлением, или, наконец, грамотно популяризировать ВИЭ, создавая демонстрационные центры, выступая в средствах массовой информации.

В случае возобновляемых источников энергии (ВИЭ) проблема осложняется тем, что эта область энергетики, охватывает чрезвычайно разнородные по своей физической природе явления и соответственно требует весьма различных знаний.

Так, например, специалист, занимающийся использованием солнечной энергии, должен, прежде всего, знать характер изменения интенсивности солнечной радиации в зависимости от широты местности, времени года, времени суток, ориентации поверхности, воспринимающей солнечную радиацию, состояния атмосферы. Для ряда приложений должен

знать спектральный состав поступающей радиации. Он должен знать методы измерения солнечной радиации и приборы, используемые для этой цели, уметь воспользоваться результатами этих измерений. Этот объем информации предполагает знания в области физики, астрономии, тригонометрии, выходящие за рамки обычных курсов, читаемых при подготовке инженеров-энергетиков.

Перечисленная информация позволяет определить валовой потенциал источника - солнечной энергии, выражающийся, например, в джоулях на квадратный метр поверхности в год. Для того, чтобы определить технический потенциал этого источника энергии (т.е. ответить на вопрос, **можно ли** его использовать при существующем уровне знаний) следует знать существующие методы преобразования солнечной радиации в используемые энергоносители (тепло и/или электроэнергию), оценить технические возможности и КПД преобразования. Наконец, для того, чтобы оценить экономический потенциал (т.е. ответить на вопрос, **нужно ли** использовать этот источник энергии в данных условиях) необходимо уметь подсчитать стоимость получаемых энергоносителей и сопоставить ее с альтернативными источниками энергии.

Далее, для того, чтобы заняться одним из перечисленных направлений деятельности, специалисту понадобится широкий круг общеинженерных знаний в области физики, термодинамики, тепло- и массообмена, материаловедения и др.

Из приведенного примера ясно, что подготовка специалиста даже применительно к одному из выбранных источников энергии требует разработки специального учебного плана.

Но сегодня такая подготовка, ориентированная только на один из видов ВИЭ, была бы не оправдана. Дело в том, что в каждом отдельном случае, в зависимости от конкретных местных условий, предпочтительным может оказаться использование различных ВИЭ. Более того, в последнее время все большую популярность приобретает подход, когда создается энергетическая система, использующая комплексные ВИЭ, дополняющие друг друга.

Отсюда следует, что на современном этапе необходимо готовить специалистов широкого профиля, дав им обширный круг знаний, для того, чтобы они могли свободно ориентироваться во всем многообразии источников энергии, объединяемом понятием ВИЭ.

Специалист в области ВИЭ должен иметь хорошую экономическую подготовку. Попытки внедрять ВИЭ вопреки экономической целесообразности приводят к дискредитации и наносят вред делу продвижения ВИЭ в практику.

Специалист должен уметь грамотно и объективно выбрать ниши, в которых тот или иной из ВИЭ окажется конкурентоспособным. Для этого ему необходимо иметь ясные представления обо всех существующих источниках и методах преобразования энергии.

Известно, что ВИЭ в большинстве случаев являются экологически чистыми. Это качество дает ВИЭ существенные преимущества перед энергетикой, основанной на использовании органических топлив, и атомной энергетикой. Специалист, подготовленный для работы с ВИЭ, должен хорошо знать эту специфику, знать слабые и сильные места как у ВИЭ, так и у конкурентов, уметь убедительно доказать преимущества ВИЭ.

В системе подготовки инженеров в России, еще со времен существования «железного занавеса», бытует подход, в соответствии с которым отечественная промышленность, а значит и работающие в ней специалисты, должны заниматься только теми разработками, которые могут быть востребованы внутри страны. В современном мире, когда экономика страны интегрируется в мировую экономику, такая изоляционистская политика должна быть признана порочной. Применительно к подготовке кадров для работы с ВИЭ это означает следующее.

Например, известно, что в России интенсивность солнечной радиации мала, и тем самым для нас якобы нет оснований заниматься солнечными электростанциями (СЭС) с термодинамическим циклом преобразования. Но в мире есть регионы, где такие СЭС могут быть конкурентоспособны. Почему нам не создавать оборудование для таких СЭС и не проникнуть на этот потенциальный рынок? Иными словами подготовленный нами специалист должен иметь широкий кругозор, смотреть на проблему не только с узко национальных интересов.

В связи со сказанным, можно предложить следующее примерное содержание учебного плана для подготовки специалиста в области ВИЭ.

Студент, специализирующийся в области ВИЭ, должен, прежде всего, иметь солидную общеинженерную подготовку. Она включает в себя: курсы математики, физики, химии, программирования, термодинамики, тепло- и массообмена, материаловедения, экономики и экологии. Важным элементом общеинженерной подготовки должно стать изучение иностранных языков. Обычно такая подготовка может быть завершена на 3-м или на 4-м курсе обучения. Далее следуют специальные курсы, набор которых может варьироваться в зависимости от направления подготовки специалиста. Основой специальных курсов может стать обзорный, желательно 2-семестровый, курс «Возобновляемые источники энергии». В этом курсе целесообразно рассмотреть все ВИЭ, описать их физическую природу, привести сведения о существующих или проектируемых устройствах, использующих ВИЭ, дать представление об их экономике и реальном использовании в России и за рубежом, определить предпочтительные области применения и проблемы широкого использования различных ВИЭ.

В качестве специальных курсов следует предусмотреть:

- курс, посвященный традиционной энергетике (тепловой, гидро- и атомной). Он необходим как основа для сопоставления энергетики, использующей ВИЭ, и традиционной;
- курс, посвященный проблемам энергосбережения. Здесь, наряду с

общими проблемами энергосбережения, следует показать, как ВИЭ могут влиять на энергопотребление в различных сферах;

- курс тепловых и электрических измерений и автоматизации. В них желательно выделить вопросы измерений, необходимых для решения вопроса об использовании конкретного ВИЭ, и проблемы автоматизации установок, использующих ВИЭ.

Наряду с этими курсами должны быть предусмотрены курсы по выбору, предполагающие углубленное изучение отдельных ВИЭ и методов их использования.

Важной составляющей учебного плана должны быть курсовые работы, относящиеся к курсам по выбору. В курсовой работе студенту можно поручить детальную проработку использования какого-либо ВИЭ, привязанную к конкретному месту и условиям энергоснабжения. В качестве курсовой работы может быть предложено составление бизнес - плана по использованию ВИЭ в заданном месте. Выполняя курсовую работу, студент должен продемонстрировать знакомство с литературой по данному вопросу и умение пользоваться информацией из Интернета.

При наличии соответствующей базы в учебный план могут быть включены лабораторные работы, проводимые как в стенах института, так и на реальных объектах, если таковые имеются.

Дипломная работа студента может представлять собой законченное исследование, обосновывающее создание какой-либо установки или системы, использующей ВИЭ, с оценкой экономических показателей, социальной значимости и экологических преимуществ.

Наиболее полную подготовку специалистов в области ВИЭ целесообразно организовать в вузах энергетического, машиностроительного и экологического профиля. Но и в других инженерных вузах следует ввести в учебные планы обзорные курсы, знакомящие студентов с ВИЭ и проблемами их широкого внедрения в практику.

УДК 573.6.086.83.001.26+ 573.6.086.83:582.28

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ МИКОПРОТЕИНА

Щербакова Н.С., Русинова Т.В., Горшина Е.С., Бирюков В.В.

Московский государственный университет инженерной экологии

Оптимизирован состав питательной среды с использованием нового перспективного сырья (муки тритикале) для производства микопротеина – пищевого продукта, снижающего вредное воздействие неблагоприятных экологических факторов, существующих в современных городах.

Одной из важнейших проблем мегаполисов является ухудшение уровня здоровья населения, связанное с осложнением экологической обстановки, в том числе с такими факторами как превышение ПДК

вредных веществ в атмосфере, присутствием повышенных доз тяжелых металлов и растущей психоэмоциональной нагрузкой. Это делает необходимым внедрение программ здорового питания, включающих использование специальных диетических видов продуктов и традиционных продуктов питания, обогащенные пищевыми добавками. Одним из перспективных решений является производство продуктов, включающих пищевой микопротеин.

Микопротеин относится к группе продуктов здорового питания. Не раздражает слизистые желудочно-кишечного тракта, ускоряет их заживление при воспалительных процессах, выводит из организма тяжелые металлы и радионуклиды, нормализует липидный обмен, способствует восстановлению нормальной микрофлоры при дисбактериозах, улучшает состояние при пищевых аллергиях, способствует снижению уровня свободных радикалов при стрессах и повышению гемоглобина при железодефицитной анемии.

Микопротеин представляет собой биомассу мицелия дейтеромицетов, получаемую путем глубинного культивирования.

Микопротеин обладает высоким содержанием белка (35-40% по сумме аминокислот), включает все незаменимые аминокислоты (в том числе лизин), на долю которых приходится до 45% от суммы аминокислот, и по этому показателю близок белкам мяса. Использование его в сочетании с зерновыми продуктами (пшеница, рис, кукуруза, овес, ячмень и др.), дефицитными по незаменимым аминокислотам, позволяет получить питательный продукт, оптимально сбалансированный по содержанию аминокислот. В состав углеводов микопротеина входят хитиновая клетчатка и биологически активные полисахариды (гликаны: глюканы и галактоманнаны). Липидный состав отличается высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот (более 50% жирных кислот приходится на долю эссенциальных жирных кислот - линолевой и линоленовой). Биомасса содержит фосфолипиды, витамины, убихинон Q₁₀, макро- и микроэлементы (кальций, калий, фосфор, магний, железо, медь, цинк) и другие ценные биологически активные соединения.

В настоящее время в МГУИЭ разработан технологический регламент производства микопротеина с использованием высшего мицелиального гриба из класса дейтеромицетов *Fusarium sambucinum* var. *ossiculum* (Berk. et Curt.) Vilai шт. ВСБ-917 в качестве продуцента. Источником углерода в этой технологии является гидролизованный пшеничный крахмал.

Целью настоящих исследований было создание питательной среды для культивирования гриба *F.sambucinum* на основе муки тритикале. Разрабатываемая питательная среда должна заменить применяемую в настоящее время среду на основе крахмала.

Тритикале (от лат. *triticum* — пшеница и лат. *secale* — рожь) — злак, гибрид ржи и пшеницы, обладает повышенной морозостойкостью, устойчивостью против грибных и вирусных болезней, пониженной требовательностью к плодородию почвы. Мука тритикале является

перспективным сырьём из-за более низкой стоимости по сравнению с другими видами крахмалсодержащего сырья.

В качестве посевного материала использовали культуру *F.sambucinum* ВСБ-917 культивируемую на среде следующего состава (г/л): крахмал пшеничный – 20; NH_4NO_3 – 3,0; KH_2PO_4 – 1,2; кукурузный экстракт – 10; рН = 5,6 – 5,8.

Оптимизацию проводили по методу Бокса – Уилсона. Сравнивали различные по количественному соотношению компонентов варианты сред, включающие муку тритикале, NH_4NO_3 , KH_2PO_4 , кукурузный экстракт. Критерием оптимизации служил показатель накопления биомассы. В исследовательской серии опытов изучали 8 вариантов сред. В каждом из этих вариантов найдены значения коэффициентов уравнения регрессии, по которым определён шаг крутого восхождения. Выявлено, что мука и кукурузный экстракт оказывают наибольшее влияние на выход биомассы.

В результате следующей серии опытов, программы крутого восхождения, в которой исследовались ещё 5 вариантов сред, найдена питательная среда оптимального состава. Максимальное накопление биомассы на этой среде составило 29 г/л, что в 1,3 раза превышает контроль. Скорость роста составила 7,3 г/сут. При этом значение выхода по субстрату (экономический коэффициент) по сравнению с контролем увеличилось в 1,2 раза и составило 0,56.

Таким образом, проведенные исследования позволили оптимизировать питательную среду для производства микопротеина с использованием муки тритикале в качестве основного сырья, увеличить выход биомассы в 1,5 раза и снизить затраты на сырьё.

УДК 573.6.086.83:579.66

РАЗРАБОТКА БИОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕГО ПОЛИАНИЛИНА

Закирова Л.Р., Стрельцов А.Н., Русинова Т.В., Горишина Е.С., Бирюков В.В.

Московский государственный университет инженерной экологии

*Показана возможность осуществления биокаталитического получения с помощью кислотостабильного фермента лакказы из гриба *Trametes hirsuta* электропроводящего полианилина, необходимого для создания нанокompозитных материалов для защиты от электромагнитного излучения и статического электричества, ставших одной из важных проблем современного мегаполиса.*

На современном этапе развития науки и техники особое внимание уделяется разработке материалов, применение которых в самых различных областях деятельности человека предусматривает, прежде всего, выполнение ими функции обеспечения безопасности, как на производстве, так и в быту. На современном этапе технического развития среди

экологических проблем, существующих в крупных городах, важное место стали занимать такие факторы, как электромагнитное излучение и воздействие зарядов статического электричества. Защита обслуживающего персонала, работающего с источниками электромагнитного излучения, а также защита от излучения бытовых приборов является актуальной задачей. Восприимчивые к электростатическим зарядам приборы и схемы также подвергаются опасности в процессе, как производства, так и эксплуатации. В некоторых отраслях промышленного производства, электризация материалов часто препятствует нормальному ходу технологических процессов производства, а также создает дополнительную пожарную опасность вследствие искрообразования при разрядах при наличии в помещениях, резервуарах и ангарах взрывчатых веществ, горючих паро- и газо-воздушных смесей. Кроме того, наличие статического заряда способствует пыленакоплению, что недопустимо в так называемых «чистых» зонах на производстве и в медицинских учреждениях и нежелательно в быту. Воздействие на организм человека электростатических зарядов также относится к вредным, требующим устранения, факторам.

Одним из способов защиты является создание нанокompозитных покрытий на основе электропроводящих полимеров, наиболее перспективным из которых является электропроводящий полианилин, и изготовление спецодежды с нанесенным защитным покрытием. Использование биокаталитических технологий получения электропроводящего полианилина позволяет избежать недостатков химического синтеза и создать кинетически контролируемые и экологически чистые способы получения водных дисперсий наночастиц электропроводящего полианилина упорядоченной структуры с полимерными кислотами и получить новые свойства полимера.

Биокаталитическое производство полианилина возможно с использованием высокопотенциальных оксидаз, способных осуществлять синтез полимера, наиболее перспективными из которых следует считать кислотостабильные лакказы из базидиальных грибов.

Целью настоящей работы была разработка способа получения электропроводящего полианилина при участии фермента лакказы. В качестве биокатализатора был использован кислотостабильный препарат высокопотенциальной грибной лакказы *Trameets hirsita*.

Полимеризацию проводили в специально разработанной установке, обеспечивающей необходимые режимные параметры. pH реакционной смеси поддерживали в оптимальном диапазоне. Концентрацию SDBS брали с превышением критической концентрации мицеллообразования. Анилин вносили в раствор при непрекращающемся перемешивании в пропорции 1:1 по молям с SDBS. После образования гомогенной эмульсии вносили фермент в концентрации 0,3 ое/мл. О ходе процесса ферментативной полимеризации судили по появлению характерного пика в спектре реакционной смеси, определяемом на спектрофотометре Simadzu

UVmini1240. После того, как были сформированы матрицы полимеризации в реакционную смесь добавляли персульфат аммония в количестве 1,1 г/л. Показано, что показателем нормального хода процесса может служить цвет реакционной смеси, изменяющийся от белёсого через голубой до изумрудно зелёного (без бурых оттенков).

В результате проведённого исследования была показана возможность осуществления ферментативной экологически чистой полимеризации анилина для получения полиэлектролитных компонентов электропроводящего полианилина с использованием лакказы *Trametes hirsuta* в качестве биокатализатора и наработана опытный образец полианилина, электропроводность которого была подтверждена лабораторией высокомолекулярных соединений МГУ им. М.В. Ломоносова.

УДК 628.474.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ГАЗООЧИСТКИ МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

Гонопольский А.М., Дыган М.М.

Московский государственный университет инженерной экологии

Принципы создания систем очистки отходящих газов МСЗ базируются на многолетнем эмпирическом опыте разработки и эксплуатации оборудования и, как правило, имеют под собой модели описывающей отдельные агрегаты, но не систему в целом. Именно поэтому пусконаладочные работы систем газоочистки МСЗ представляют собой длительный процесс на грани искусства. Постоянное совершенствование технологий термической переработки ТБО, естественно ведет к изменению технологии и алгоритмов, как пусконаладочных работ, так и управления эксплуатационными режимами процессов в газоочистных сооружениях. В этих условиях необходим новый - системный подход к созданию и управлению газоочистными сооружениями МСЗ. Первым шагом здесь является экспериментальное исследование физико-химических процессов в системе газоочистки, а затем и разработка системной модели газоочистки МСЗ. Решению этих задач посвящена данная работа. В целях построения такой модели были проведены эксперименты на промышленной мусоросжигательной установке фирмы «СНИМ» технологической линии Спецзавода №2 ГУП «Экотехпром» при различной производительности от 7 до 9,2 (проектная 8,33) тонн ТБО в час.

Результаты экспериментов представлены в виде графиков, на которых по длине газового тракта выделены 8 участков: топка и радиационная часть котла (1), конвективная часть котла (2), экономайзер (3), газоход между экономайзером и абсорбером (4), абсорбер (5), газоход

между абсорбером и рукавным фильтром (6), рукавный фильтр (7), газоход между рукавным фильтром и дутьевым вентилятором (8) (см. рис. 2 - рис. 4 участки 1-8).

Полученные экспериментальные данные позволяют построить ряд аппроксимирующих регрессионных соотношений, описывающих изменение физико-химических параметров потока отходящих газов по тракту газоочистки. Эти соотношения и представляют собой модель для системного управления газоочистным оборудованием МСЗ.

Схема технологической линии Спецзавода №2 приведена на рис.1.

На рис. 2, рис. 3 и рис. 4 показаны результаты экспериментов по определению изменения температуры, разрежения и концентрации загрязняющих веществ дымового газов по длине газоочистного тракта.

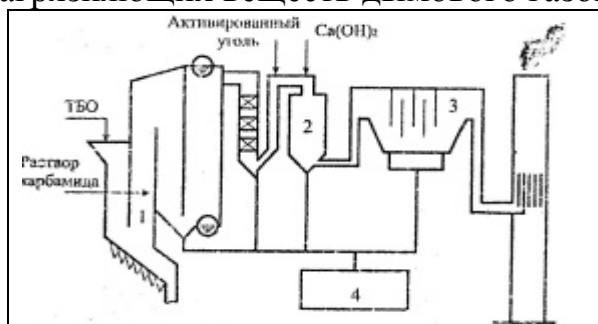


Рис.1. Схема технологической линии Спецзавода №2 ГУП "Экотехпром": 1 - котел; 2 – абсорбер; 3 - рукавный фильтр; 4 - бункер золы.

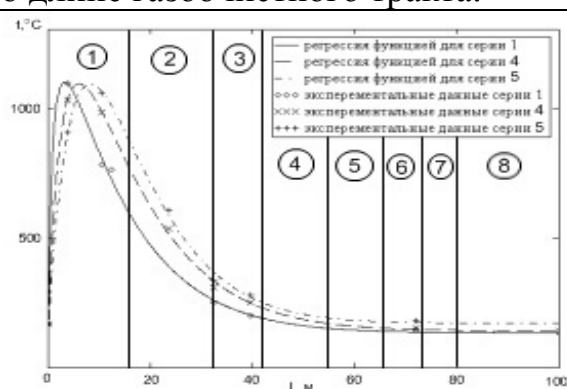


Рис. 2. Изменение температуры дымовых газов по длине газового тракта

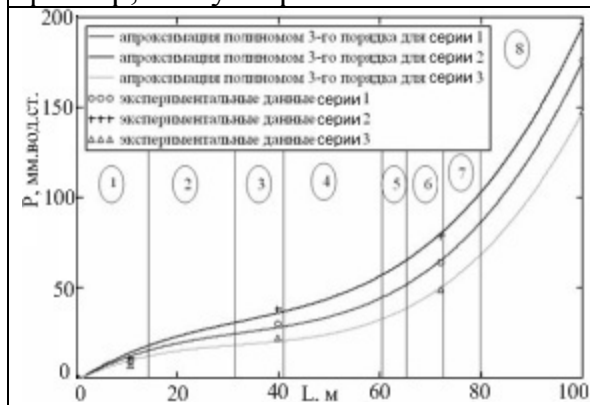


Рис. 3. Изменение разрежения дымовых газов по длине газового тракта

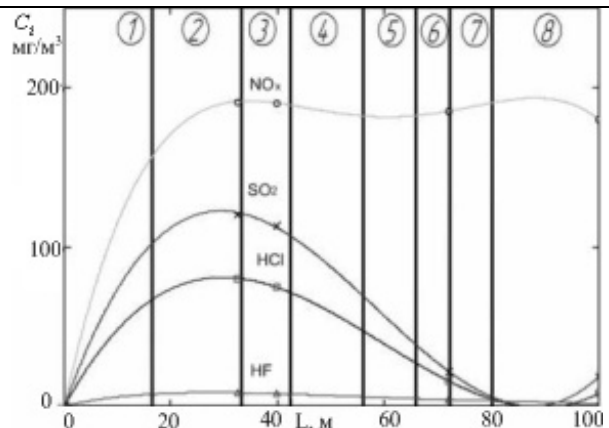


Рис 4. Изменение концентрации HCl, HF, SO₂, NO_x в дымовых газах по длине газового тракта

Эксперименты серии №1 (при производительности 7.0 тонн ТБО в час соответственно) на рис. 2 показывают совпадение температурных полей. В экспериментах серии №4 и №5 (при производительности 9.0 и 9.2 тонн ТБО в час соответственно) происходит смещение температурного поля по всей длине газового тракта и более поздний набор максимальной температуры при сохранении характера кривой. Установлено, что с увеличением поступающего количества ТБО на колосниковые решетки, происходит рост слоя мусора по высоте, а это приводит к увеличению

времени сушки мусора и его более позднему зажиганию. При визуальных наблюдениях происходит смещение фронта горения по длине решетке. В правой части графика на участках 1, 2 и 3 происходит резкое снижение температур за счет процессов теплообмена с внешним хладагентом (паром). На участке 5 графика в поток дымовых газов впрыскивается суспензия известкового молока, которая по мере движения по абсорберу высыхает, тем самым, охлаждая дымовые газы. Далее по графику уменьшение температур незначительное – здесь происходит процесс механической очистки дымовых газов, процессы теплообмена незначительны.

На рис. 3. показаны результаты экспериментов серии №1, №2 и №3 (при производительности 7.0, 7.5 и 8.3 тонн ТБО в час соответственно) по определению изменения разрежения дымовых газов по длине газоочистного тракта. На изменение разрежения оказывает влияние сопротивление участков газоочистного тракта.

Разрежение возрастает от минимального значения в топке, где оно создается во избежание выбросов неочищенных высокотемпературных газов в окружающую среду, до максимального у вентилятора.

На рис. 4 показаны результаты эксперимента серии №1 по определению изменения концентрации вредных компонентов дымовых газов по длине газоочистного тракта. Изменение концентрации оксидов азота практически не происходит. Небольшое снижение обуславливается местными подсосами воздуха в газоочистной тракт. Концентрации HCL, HF и SO₂ снижается значительно в абсорбере и дополнительно снижается в рукавном фильтре.

Обработка экспериментальных данных рис. 2 полиномами в виде рядов Фурье, позволила получить регрессионные уравнения следующего вида:

$$t = c_0 + c_1 \cdot \exp\left(c_2 \cdot \frac{\pi}{L_{TP}} \cdot L\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{L_{TP}} \cdot L + c_3\right) \cdot \left(\frac{\pi}{L_{TP}} \cdot L + c_4\right)^{-1}, \quad (1)$$

где L_{TP} - длина газоочистного тракта

c_0, c_1, c_2, c_3, c_4 - константы уравнения

t - температура дымовых газов в любой точке газоочистного тракта

L - расстояние до точки, в которой температура равна t

Таблица 1. Результаты подбора констант уравнения (1).

	Серия №1	Серия №2	Серия №3	Серия №4	Серия №5
c_0	134	134	135	144	154
c_1	$1.76 \cdot 10^3$	$1.65 \cdot 10^3$	$1.60 \cdot 10^3$	$2.67 \cdot 10^3$	$1.00 \cdot 10^4$
c_2	-2.46	-2.33	-2.29	-2.28	-3.00
c_3	$9.73 \cdot 10^{-4}$	$5.98 \cdot 10^{-4}$	$7.16 \cdot 10^{-4}$	$1.61 \cdot 10^{-3}$	$1.78 \cdot 10^{-3}$
c_4	0.048	0.027	0.033	0.158	1.03

Обработка экспериментальных данных рис. 3 степенными полиномами, позволила получить регрессионные уравнения следующего вида:

$$\Delta P = a_0 + a_1 \cdot L + a_2 \cdot L^2 + a_3 \cdot L^3, \quad (2)$$

где L - расстояние до точки, в которой температура равна t

a_0, a_1, a_2, a_3 - константы уравнения

ΔP - разрежение дымовых газов любой точке газоочистного тракта

Таблица 2. Результаты подбора констант уравнения (2).

	Серия №1	Серия №2	Серия №3
a_0	-1,65	-1,62	-1,44
a_1	1,66	1,84	1,39
a_2	-0,039	-0,038	-0,036
a_3	$4.03 \cdot 10^{-4}$	$3.95 \cdot 10^{-4}$	$3,70 \cdot 10^{-4}$

Обработка экспериментальных данных рис. 4 степенными полиномами, позволила получить регрессионные уравнения следующего вида:

$$C_i = b_1 \cdot L + b_2 \cdot L^2 + b_3 \cdot L^3 + b_4 \cdot L^4, \quad (3)$$

где L - расстояние до точки, в которой температура равна t

b_1, b_2, b_3, b_4 - константы уравнения

C_i - концентрация i -ого загрязняющего вещества в дымовых газах в любой точке газоочистного тракта

Таблица 3. Результаты подбора констант уравнения (3).

	SO ₂	HCl	NO _x	HF
b_1	9.42	6.12	15.5	0.725
b_2	-0.215	-0.138	-0.441	-0.021
b_3	$1.23 \cdot 10^{-3}$	$7.71 \cdot 10^{-4}$	$5.15 \cdot 10^{-3}$	$2.23 \cdot 10^{-4}$
b_4	0	0	$-2.11 \cdot 10^{-5}$	$-8.35 \cdot 10^{-7}$

Для уравнения (1) константа c_0 - температура дымовых газов после очистки. Константа c_1 определяется начальными условиями распределение температур по длине газоочистного тракта. Константа c_2 определяется процессом, происходящим на участке стабилизированного теплообмена, где температура дымовых газов убывает по экспоненте, с показателем, пропорциональным коэффициенту теплоотдачи. Физический смысл константы c_3 определяется фактором набора температуры потока, кинетикой процесса горения ТБО в печи. Константа c_4 определяется процессом, происходящим при охлаждении дымовых газов по всей длине газового тракта, вследствие внешних подсосов холодного воздуха и процесса испарения капель на участках газопровода.

Для уравнения (2) константа a_0 определяется начальным перепадом давлений. Константа a_1 определяется необходимым перепадом давления, для преодоления гидравлического сопротивления стенок канала. Физический смысл константы a_2 обусловлен фактором изменения величины сечения канала по всей длине газового тракта. Константа a_3 определяется процессом резкого роста перепада давления при большом сопротивлении по всему сечению канала (например, в рукавном фильтре)

Для уравнения (3) константа b_1 определяется начальными условиями. Константа b_2 обусловлена взаимодействием компонентов дымовых газов по длине канала. Физический смысл константы b_3 обусловлен кинетикой процесса разложения вредных компонентов дымового газа. Константа b_4 определяется кинетикой процесса образования компонентов дымовых газов в результате термического обезвреживания ТБО.

Результаты экспериментов показали, что в пределах проектной производительности оборудование работает стабильно и достигается необходимая степень очистки для обеспечения экологической безопасности. При повышенной производительности по сжиганию ТБО происходит изменение газодинамических параметров, которые приводят к увеличению выбросов. Но даже при этом обеспечивается стабильная работа оборудования и высокая степень очистки по всем компонентам.

Совокупность модельных соотношений (1)-(3) в диапазоне изменения производительности технологической линии от 7.0 до 9.2 тонн ТБО в час позволяет построить на их основе алгоритм управления всей системой газоочистки МСЗ с колосниковыми решетками (типа Спецзавода №2). Для реализации масштабного перехода при проектировании систем управления газоочистными сооружениями других МСЗ необходима дальнейшая работа по представлению регрессионных соотношений в критериальном виде, с использованием методов теории подобия и размерностей.

УДК 504

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Барфоломеева Э.А., Шахурин Д.С.

Московский государственный университет инженерной экологии

Переход от сырьевой экономики России XX века требует внедрение инновационных проектов и соответствующих инвестиций. Инновационно-инвестиционные проекты (ИИП) требует оценивать экологические факторы, показатели экологической эффективности управления предприятием, а также показатель затрат на технологии и мероприятия по защите окружающей среды.

В эти группы обычно входят показатели соответствия экологической документации предприятия, действующей нормативно-правовой базе и показатели значимости экологических проектов, обеспечивающих получение льгот и компенсаций.

На основе классификатора общероссийского видов экологической деятельности (ОКВЭД) была составлена структура групп этих показателей. Они были разделены по категориям:

- 1) показатели отраслей промышленности по степени опасности воздействия на окружающую среду;
- 2) показатели внешнего и внутреннего экологического риска;
- 3) показатели «экологизации» управленческих и технологических решений на предприятии;
- 4) показатели использования вторичных материальных ресурсов и альтернативных источников топлива.

Также была проведена классификация отраслей экономики по количеству газовоздушных выбросов в атмосферу, сброса сточных вод в поверхностные водоемы и образования токсичных отходов по данным ОКОНХ и ОКВЭД.

На основе этих показателей была проведена классификация отраслей промышленности по категориям сложности экологических аспектов (высокая, средняя, низкая). Даны рекомендации по выбору наименее опасных отраслей промышленности (машиностроение, легкая и пищевая промышленности).

Показано, что в условиях рыночной экономики хозяйственная деятельность протекает при большей концентрации энергии сопровождается сильным негативным воздействием на окружающую среду. Возникающие при этом опасности характеризуются проявлением промышленных и экологических рисков. Опасности существуют в пространстве и во времени и реализуются в виде потоков энергии вещества и информации. Для предупреждения аварийных ситуаций выявляются статические закономерности их проявления и недостатки нормативных документов, сопровождающих все этапы жизненного цикла геотехнической системы (ГТС) на стадиях проектирования, производства и эксплуатации.

Проанализировано взаимодействие промышленного предприятия с элементами природной среды в ГТС. Причиной аварийных ситуаций на объекте могут быть неверный выбор расчетной схемы, отклонение от проекта при изготовлении и строительстве, нарушение правил технической эксплуатации и низкая технологическая дисциплина персонала. При оценке инвестиционной привлекательности инновационных проектов должны быть известны показатели допустимых уровней риска и безопасности, которые обеспечиваются на стадии проектирования. Обычно эти показатели выражаются через денежный эквивалент.

Для выбора вторичных материальных ресурсов в качестве исходного сырья предложено использовать удельные показатели образования отходов

производства и потребления. К ним относятся древесные отходы, полимеры и пластмассы и отходы автомобильного транспорта. В качестве альтернативных источников топлива вместо традиционного топлива можно использовать древесные гранулы, биодизель, биоэтанол, биогаз и их комбинации.

УДК 628.16: 658.512.26

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

¹Крутя Н.А., ¹Скичко А.С., ¹Кольцова Э.М., ²Зубов Д.В.

¹Российский химико-технологический Университет им. Д.И.Менделеева,

²Московский государственный университет инженерной экологии

Проведен анализ и структурирование информации об экспериментальных исследованиях методов водоподготовки для создания экспертной системы водоочистки питьевой воды. Разработана структура банка данных системы. Разработаны структура экспертной системы PureWater, подбирающей возможные методы водоочистки на основе данных о составе воды из природного источника, а так же алгоритм принятия решения при подборе альтернативных последовательностей методов.

Важнейшим жизнеобеспечивающим элементом окружающей среды, определяющим качество жизни, является наличие необходимых запасов и степень загрязненности водных ресурсов. Состояние природных источников водоснабжения населения в настоящее время составляет одну из наиболее серьезных проблем. Воздействие производственно-хозяйственной деятельности человека на экосистему непрерывно возрастает. Это приводит к ухудшению качества поверхностных и подземных вод. В то же время, развитие промышленности, сельского хозяйства, расширение коммунального хозяйства вызывают интенсивный рост водопотребления. Повышаются требования к подготовке воды, как для питьевых нужд, так и для промышленного водоснабжения. В связи с этим, выбор методов обработки воды является доминирующим при проектировании новых и реконструкции старых станций подготовки воды [1].

На сегодняшний день существует немало методов очистки воды [2]. Также, с возрастанием антропогенной нагрузки на водоисточники растет список загрязняющих компонентов. Специфика и сложность водоподготовки заключаются в том, что каждый источник, содержит присущий только ему набор загрязнений [1]. Следовательно, исходные данные к проектированию сооружений водоочистки отличаются большим разнообразием, а подбор технологической схемы водоочистки становится довольно трудоемкой задачей.

Значительно упростить процесс подбора методов очистки воды может экспертная система – программа-«советчик», работающая на основе баз знаний экспертов в данной предметной области. В качестве исходной информации для создания такой системы выступают знания экспертов о ряде методов водоподготовки. Для каждого метода известны производительность, условия применения, загрязняющие вещества, от которых метод способен очистить воду, а также экспертные оценки, основанные на полуэмпирических алгоритмах и экспериментальных данных, характеризующие степень очищения воды от какого-либо загрязнения.

Описание экспертной системы PureWater

Схема потоков данных в экспертной системе PureWater представлена на рис. 1.

Знания о предметной области, полученные от эксперта, добавляются в базу знаний системы с помощью инженера по знаниям – посредника, с одной стороны понимающего все, что говорит эксперт, с другой – способного придать знаниям удобный вид [3]. Инженер по знаниям имеет прямой доступ к банку данных, то есть имеет возможность удалять, изменять или добавлять знания в систему.

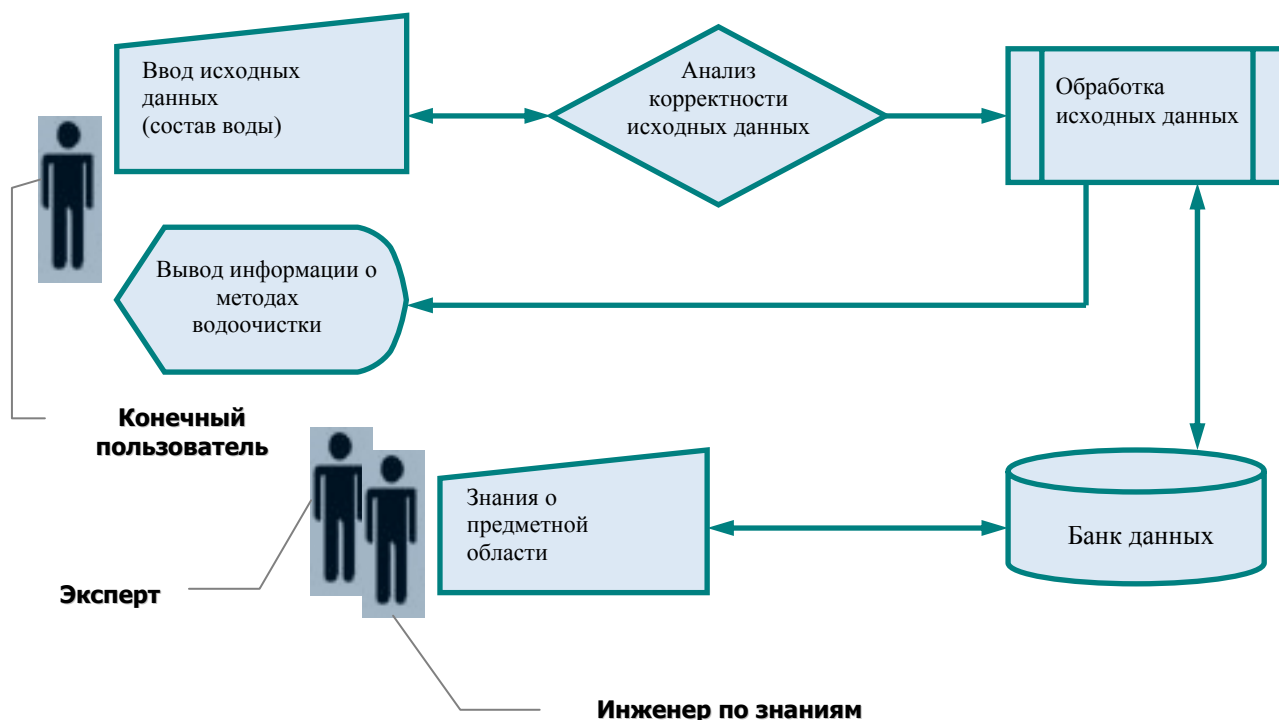


Рис. 1. Схема потоков данных в экспертной системе PureWater

Конечный пользователь вводит исходные данные о составе воды из какого-либо водоемного источника. В качестве исходных данных выступают характеристики источника: тип источника (река, озеро и т.д.), название источника, название ближайшего к месту забора пробы населенного

пункта. Также пользователю необходимо ввести известные ему концентрации загрязняющих веществ, значения показателей качества воды и предполагаемую производительность водоочистки. После анализа корректности введенных данных система либо передает их на обработку, либо выдает пользователю сообщение об ошибке. В блоке обработки исходных данных осуществляется процесс поиска решений. Система получает знания, необходимые для подбора подходящих методов водоочистки, из банка данных. В итоге пользователю выдается информация о подобранных методах водоподготовки, либо сообщается о том, что вода не требует очистки или о невозможности подобрать методы.

Банк данных экспертной системы PureWater

Банк данных экспертной системы (ЭС) PureWater представляет собой реляционную совокупность данных, включающую в себя базу знаний – совокупность всех имеющихся сведений о предметной области, для которой предназначена ЭС, – и базу данных – информацию о состоянии предметной области [3].

База данных (БД) экспертной системы PureWater содержит таблицы, характеризующие такие сущности, как: метод водоочистки, загрязняющий элемент, стадия водоподготовки, водоисточник, состав пробы воды. Инфологическая модель БД представлена на рис. 2.

Основными таблицами в БД являются таблицы «Метод водоочистки» и «Загрязняющий элемент», в которые заносится исходная информация о методах водоочистки, загрязняющих веществах и показателях качества воды. При заполнении таблицы «Загрязняющий элемент» также используется информация о ПДК загрязняющих веществ в питьевой воде из СанПиН 2.1.4.1074-01 [4].

В таблице «Метод относится к стадии» хранится информация о том, на какой стадии водоподготовки может применяться тот или иной метод. Сами стадии водоподготовки описаны в таблице «Стадия водоподготовки». В таблице «Состав пробы воды» пользователь при желании может сохранить введенные им исходные данные. В таблицах «Тип источника», «Ближайший населенный пункт» и «Водоисточник» сохраняется информация об источнике, когда-либо вводимая пользователем.

При заполнении *базы знаний* (БЗ) экспертной системы использовались знания о различных методах водоочистки, полученные в ходе научно-исследовательской работы сотрудников НИИ ВОДГЕО [1]. На рис. 3 представлен фрагмент бланка, содержащего знания о микрофильтрации. Столбец «ВХОД» характеризует ограничения на исходные данные при использовании метода. Столбец «ВЫХОД» – степень очищения воды (в % от входа). Если степень очищения задается минимальным и максимальным значениями, то в систему вносились данные о среднем значении.

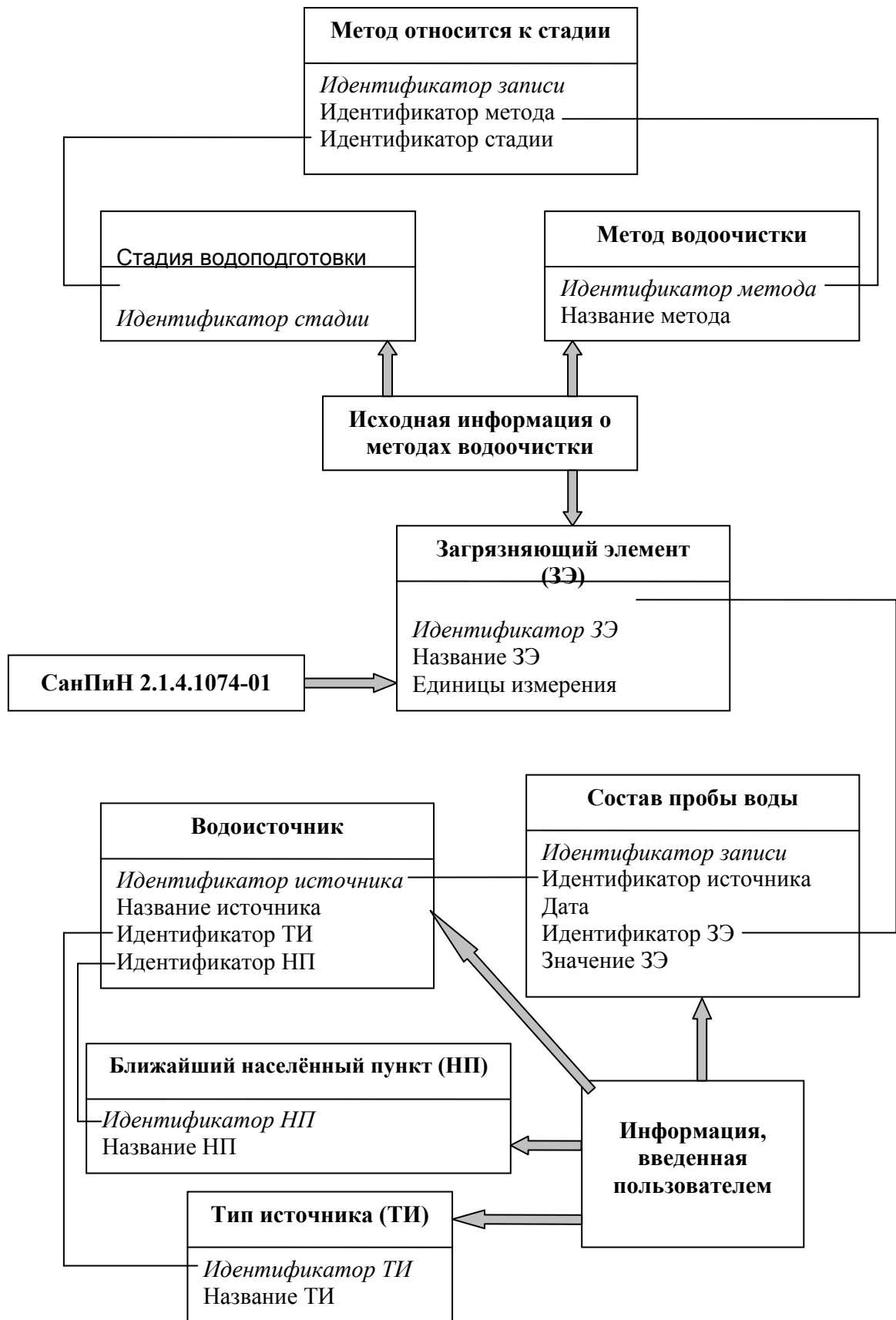


Рис. 2. Инфологическая модель базы данных экспертной системы PureWater

№ п/п	ВИД ОБРАБОТКИ		Единица измерения	ПДК СанПиН	ВХОД, мг/л		ВЫХОД, % от ВХ	
	1	2			3	макс.	мин.	макс.
1 000	ДЕГАЗАЦИЯ/ ДЕЗОДОРАЦИЯ							
1 001	Сероводород							
1 002	Углекислый газ							
1 003	Кислород							
2 000	ОСВЕТЛЕНИЕ И ОБЕСЦВЕЧИВАНИЕ							
2 001	Цветность		градусы	20	450		99	50
2 002	Мутность		мг/л	1,5	20		99	

Рис. 3. Фрагмент бланка, содержащего знания о микрофильтрации

Знания в базе знаний системы представлены в виде производственных правил 2 типов.

1. ЕСЛИ (выполняются условия на вход), ТО (метод применим).

Правила первого типа хранятся в таблице БЗ RULES и характеризуют условия применимости того или иного метода водоочистки. Левая часть правил формируется по следующему принципу:

(условие 1)V(условие 2)V...V(условие n),

где V – знак логического «И» (конъюнкции).

Например, из рис. 3 видно, что для применения микрофильтрации цветность воды не должна превышать 50 град, а мутность – 20 мг/л. Таким образом, левая часть правила записывается так: (4<50)V(5<20), где 4 и 5 – идентификаторы цветности и мутности в базе данных, соответственно.

2. ЕСЛИ (применяется метод), ТО (очищает воду от загр. элемента)

И (степень очищения).

Правила второго типа хранятся в таблице БЗ Осенка и описывают, какой метод очищает воду от каких загрязняющих веществ и с какой степенью очищения.

Алгоритм принятия решения при подборе технологических цепочек методов водоочистки

Блок-схема алгоритма принятия решения при подборе технологических цепочек представлена на рис. 4. Под технологическими цепочками понимаются возможные последовательности технологических методов водоочистки.

При подборе методов система принимает допущение о том, что на каждом шаге из подходящих методов всегда выбираются те, у которых степень очищения максимальна. Таким образом, подобранные системой технологические цепочки являются наиболее эффективными, качество воды становится удовлетворительным после применения наименьшего количества методов водоочистки.

Пользователь вводит исходные данные: известные ему показатели качества воды и концентрации загрязняющих веществ. Система анализирует введенную информацию и определяет, превышает ли значение какого-либо показателя качества значение, установленное нормативами, есть ли в воде загрязнения, концентрации которых больше ПДК. Если таких загрязнений нет, то выводится сообщение: «Вода не требует очистки».

Если такие компоненты есть, то для них проводится расчет относительного отклонения от ПДК (в %) по формуле:

$$\Delta = (C_{загр.} - ПДК_{загр.}) / ПДК_{загр.} \cdot 100, \quad (1)$$

где $C_{загр.}$ – концентрация загрязнения (значение показателя качества); $ПДК_{загр.}$ – значение ПДК [4].

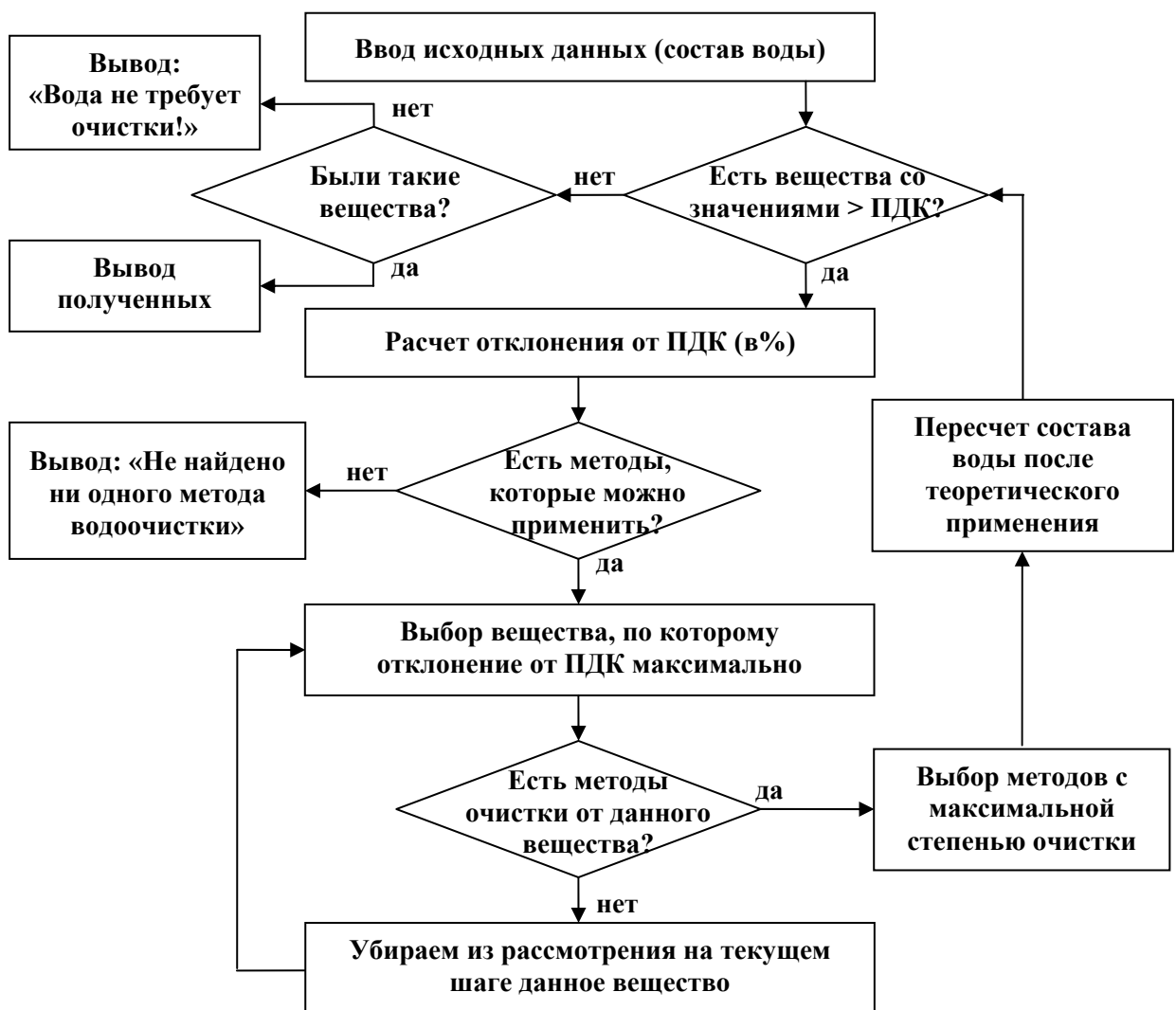


Рис. 4. Алгоритм принятия решения при подборе технологических цепочек

Затем проверяется, верны ли какие-либо правила из таблицы базы знаний RULES, то есть при данных начальных условиях возможно ли применить какие-либо методы. Если нет, то выводится сообщение о невозможности подобрать методы. Если подходящие методы есть, то

первым рассматривается загрязняющее вещество, для которого отклонение значения от ПДК максимально.

Из методов, для которых выполняются правила из таблицы базы знаний RULES, выбираются методы, которые способны очистить воду от данного загрязнения. Для этого анализируются правила из таблицы базы знаний Оценка. Если таких методов нет, то текущее вещество убирается из рассмотрения на данном шаге, система переходит к рассмотрению другого загрязняющего компонента.

Если существуют подходящие методы, то из них система выбирает те, степень очистки у которых наибольшая. Это может быть один, а может быть несколько методов, таким образом возникают альтернативные цепочки методов. Учитывая, что любой из методов водоочистки удаляет сразу несколько загрязняющих компонентов, для каждой цепочки пересчитывается состав воды, и заново осуществляется проверка необходимости дальнейшей очистки. Если ни одна цепочка не требует продолжения, то пользователю выводится список полученных последовательностей методов водоочистки.

После подбора альтернативных технологических цепочек пользователь может получить информацию о составе воды после теоретического применения каждого метода из какой-либо цепочки и таким образом может сам проследить, как меняется состав воды в ходе применения предложенной последовательности методов.

Программная реализация экспертной системы PureWater

Экспертная система была реализована с помощью объектно-ориентированной среды визуального программирования Borland Delphi 7. Для отладки работы экспертной системы был разработан ряд примеров-тестов, в которых по возможности было учтено разнообразие составов природных водоемных источников. На рис. 5 представлено окно ввода исходных данных ЭС PureWater, в котором пользователь может ввести известные ему показатели качества воды и концентрации загрязняющих веществ.

Экспертная система PureWater функционирует в двух режимах. Режим автоматического подбора технологических цепочек описан выше. Также возможна работа ЭС PureWater в режиме пошагового подбора методов. В этом случае на каждом этапе пользователю выводится список возможных методов, из которых он выбирает наиболее подходящий по его мнению. Для каждого возможного метода пользователь может получить информацию о примерном составе воды после теоретического применения данного метода.

На рис. 6 представлено основное окно программы после подбора технологических цепочек и окно, содержащее более подробную информацию о выбранной последовательности методов водоочистки.

PURE WATER. Ввод/редактирование исходных данных

Источник тип: река название: Ока

Название ближайшего населенного пункта: Орел

Производительность (м3/сут): любая Дата: 17.08.2008

Загрязняющие вещества и показатели качества воды:

50. Хром (Cr 6+) (мг/л)	
51. Цианиды (CN-) (мг/л)	
52. Цинк (Zn 2+) (мг/л)	18
53. ГХЦГ (линдан) (мг/л)	0,03
54. ДДТ (сумма изомеров) (мг/л)	0,12
55. 2,4-Д (мг/л)	
56. Азот аммонийный (мг/л)	4,3
57. Хлороформ (мг/л)	
58. Четыреххлористый углерод (мг/л)	
59. Диоксины (пг/л)	
60. Пестициды хлорорганические (нг/л)	
61. Пестициды фосфорорганические (нг/л)	
62. Водородный показатель (ед рН)	8,3

Ввод

Рис. 5. Окно ввода исходных данных ЭС PureWater

PURE WATER. Подбор методов водоочистки

Задача Данные Справка

Нажмите для просмотра примерного состава воды после применения методов

Ввод исходных данных

Коррекция данных

Подбор

1) 1-8-7-10-
2) 1-9-7-
3) 1-8-8-10-
4) 1-9-8-

PURE WATER

1. Упрощенная аэрация
2. Ультрафильтрация (реагентная)
3. Микрофильтрация (Ц < 50 град М < 20 мг/л)

2. Ультрафильтрация (реагентная)

Цветность (градусы): 0,89 [99 %]
 Мутность (мг/л): 0,16 [99 %]
 Взвешенные вещества (мг/л): 0,05 [99 %]
 Окисляемость перманганатная (мг/л): 0,035 [99 %]
 Железо (Fe суммарно) (мг/л): 0,0014 [99 %]
 Жесткость общая (мг-экв./л): 0,08 [99 %]
 Общая минерализация (мг/л): 350
 Нефтепродукты (суммарно) (мг/л): 0,204 [74,5 %] (> ПДК = 0,1!)
 Запах (баллы): 0,003 [99 %]
 Привкус (баллы): 0,003 [99 %]
 Температура (0С): 20
 Коли индекс (кп/л): 0,05 [99 %]

OK

Рис. 6. Окно вывода информации о выбранной последовательности методов водоочистки

Работа выполнена при поддержке Федерального агентства по образованию РФ в рамках проекта по аналитической ведомственной целевой программе «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009-2010 годы), грант № 2.1.1/2104.

1. Гельцер Ю.Г. Системотехнические основы жизненного цикла инженерных аквасооружений. – М.: СвР-АРГУС, 2006. – 280 с.
2. Водоподготовка: Справочник /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. – М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
3. Дорохов И.Н., Меньшиков В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Интеллектуальные системы и инженерное творчество в задачах интенсификации химических процессов и производств. – М.: Наука, 2005. – 582 с.
4. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 2.1.4.1074-01. – М., 2002.

УДК 502.7

МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Латышенко К.П., Свирюкова О.В.

Московский государственный университет инженерной экологии

Экологический мониторинг - система контроля антропогенных загрязнений окружающей среды. Природные экологические системы тесно взаимодействуют друг с другом. Это предопределяет сложность и необходимость учета различных природных и химических факторов при контроле качества окружающей среды методами классической и современной аналитической химии.

Экология, загрязнение окружающей среды, экологический мониторинг, экологическая химия - часто встречающиеся в наше время слова и сочетания, выражающие всеобщую озабоченность состоянием природной среды. Первопричина возникновения проблемы - обнаружение в экологических системах, прежде всего в биосфере, интенсивных и тревожных изменений, вызванных деятельностью человека, антропогенных изменений. Из большого числа вредных факторов отметим выброс в биосферу химически чуждых природе веществ, физически активных частиц, пыли, аэрозолей, повышение температуры биосферы, энергетическое загрязнение, физическое и биологическое воздействие на нее. Для оценки степени негативных изменений осуществляют экологический мониторинг - систему наблюдений и контроля за изменениями в составе и функциях различных экологических систем.

Экологический мониторинг - это серьёзная и сложная проблема. Уровни его организации различны. Он может осуществляться в глобальном, национальном, региональном или локальном масштабах. Существует фоновый и импактный (уровень сильного локального

загрязнения) мониторинг. В то же время изучение и контроль состояния окружающей среды включают исследование таких природных ресурсов, как разнообразные воды, атмосферный воздух, почвы, совокупность этих систем с точки зрения определения в них загрязняющих химических веществ, нарушающих сложившееся экологическое равновесие в природе. Здесь чётко просматривается химическая сущность обсуждаемой проблемы: с этой точки зрения можно говорить и о химическом мониторинге. Без химического анализа здесь не обойтись. Поэтому в экологическом мониторинге активно используют различные химические, физико-химические, физические и биологические методы анализа. Речь идет о некоем глобальном химико-аналитическом исследовании с помощью различных методов аналитической химии - науки о методах анализа.

Результаты аналитических определений и измерений рассматривают уже в рамках экологического мониторинга. Это дает информацию о загрязнении биосферы различными несвойственными природе загрязняющими веществами, которые собирательно называют ксенобиотиками. Данные экологического мониторинга используют для всестороннего анализа состояния окружающей среды и определения стратегии управления им, для регулирования ее качества, для определения так называемых допустимых экологических нагрузок на природные системы. Степень ответственности здесь очень велика, поскольку указанные факторы, и в первую очередь химические, способны вызвать геофизические и геохимические изменения: возможное изменение климата, закисление природных вод кислотными дождями, загрязнение Мирового океана и нарушение баланса углекислоты в нем, нарушение озонового слоя. Можно определить различие между науками, вплотную занимающимися экологическими проблемами. Так, экология - наука о закономерностях взаимосвязей и взаимодействия организмов и их систем друг с другом и со средой обитания. Экологическая химия изучает процессы, определяющие химический состав и свойства объектов окружающей среды. Химическую экологию интересует химическое взаимодействие между живой и неживой природой.

Таким образом, основой экологического мониторинга является совокупность различных химических наук, каждая из которых нуждается в результатах химического анализа, поскольку химическое загрязнение - основной фактор неблагоприятного антропогенного воздействия на природу. Целью аналитической химии становится определение концентрации загрязняющих веществ в различных природных объектах. Ими являются природные и сточные воды различного состава, донные отложения, атмосферные осадки, воздух, почвы, биологические объекты.

Регулирование качества природной среды основано на определении экологически допустимого воздействия на нее, когда самоочищение природы еще способно работать. Определенными нормами такого щадящего воздействия являются установленные медиками-токсикологами предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ (ПДК), не

вызывающие нежелательных последствий в природной среде. ПДК достаточно малы. Они установлены для различных объектов - воды (питьевая вода, вода водоемов рыбохозяйственного значения, сточные воды), воздуха (среднесуточная концентрация, воздух рабочей зоны, максимально допустимая разовая ПДК), почв.

Перечень и количество выбрасываемых в окружающую среду загрязняющих веществ чрезвычайно велики, по некоторым оценкам, до 400 тыс. наименований, включая радионуклиды. Прежде всего наблюдению должны подлежать вещества, выброс которых носит массовый характер, и, следовательно, загрязнение ими повсеместно. Это, например, диоксид серы, монооксид углерода, пыль, что характерно для городского воздуха; нефтепродукты, поверхностно-активные вещества для природных вод; пестициды для почв. Обязательно следует контролировать и самые токсичные вещества, отличающиеся наиболее низкими ПДК. Это позволяет сформировать список приоритетных загрязняющих веществ, которые следует определять в первую очередь.

Например, большинство нормируемых загрязняющих веществ для воздуха имеют ПДК в пределах 0,005-0,1 мг/м³. В них попадают пентаоксид ванадия, неорганические соединения мышьяка (исключая мышьяковистый водород), шестивалентный хром, некоторые органические вещества: ацетофенон, стирол и др. Для небольшого перечня веществ ПДК еще меньше: металлическая ртуть 0,0003 мг/м³, свинец и его соединения 0,0007, карбонилникель 0,0005, бенз[а]пирен 0,000 001 мг/м³. Основное количество нормируемых загрязняющих веществ для воды водоемов имеют ПДК 0,1-1 мг/л. Для многих токсичных веществ установлена ПДК 0,001-0,003 мг/л. Это неорганические соединения селена, ртути, органические соединения - изомерные дихлорбензолы, тиофос. Небольшое число веществ - соединения бериллия, диэтилртуть, тетраэтилолово имеют ПДК в пределах 0,0001-0,0002 мг/л. Для особенно опасных токсичных веществ, таких, как растворимые соли сероводородной кислоты, активный хлор, бенз[а]пирен, N-нитрозоамины, диоксины (например, чрезвычайно токсичный 2,3,7,8-тетрахлордибензо-4-диоксин), в качестве норматива установлено полное отсутствие их в воде. В водоемах рыбохозяйственного значения в воде не допускается наличие еще и ДДТ и других пестицидов.

Отсюда следуют два вывода. Первый состоит в том, что для оценки опасности загрязнения следует иметь некий образец для сравнения. Эту функцию выполняют исследования, проводимые в биосферных заповедниках. Второй вывод относится к аналитической химии: необходимо применять мощные, информативные и чувствительные методы анализа, чтобы контролировать концентрации, меньшие ПДК. В самом деле, что означает нормативное "отсутствие компонента"? Может быть, его концентрация настолько мала, что его традиционным способом не удастся определить, но сделать это все равно нужно. Действительно, охрана окружающей среды - вызов аналитической химии.

Высокоэффективные методы контроля состояния окружающей среды исключительно важны для диагностики токсикантов. Принципиально важно, чтобы предел обнаружения загрязняющих веществ аналитическими методами был не ниже 0,5 ПДК. Кроме того, например, при определении основных компонентов атмосферного воздуха - кислорода, диоксида углерода, озона - требуется высокая точность. Многокомпонентность объектов окружающей среды предопределяет большие сложности в качественном обнаружении и количественном определении загрязняющих веществ. Ключевая роль принадлежит химическим, физическим и физико-химическим методам аналитической химии. В связи с чрезвычайно большим количеством выполняемых анализов все большее значение приобретают автоматические и дистанционные методы анализа.

Глубоким содержанием наполнен перечень обобщенных показателей при мониторинге вод, характеризующих их общую загрязненность. Ими являются химическое потребление кислорода (ХПК), биохимическое потребление кислорода (БПК), общий органический углерод, растворенный органический углерод, общий азот, адсорбирующиеся органические галогениды, экстрагирующиеся органические галогениды.

Рассмотрим важнейшие из них - ХПК и БПК. ХПК (COD - Chemical Oxygen Demand) - мера общей загрязненности воды содержащимися в ней органическими и неорганическими восстановителями, реагирующими с сильным окислителем.

Поскольку ХПК не характеризует все органические загрязнители, окисляемые до углекислоты и воды, проводят еще определение общего органического углерода. Для этого в пробе в жестких условиях окисляют органические загрязнители. Выделяющийся CO_2 поглощают раствором щелочи. Оттитровав остаток щелочи кислотой, находят искомый показатель. Вычислив отношение ХПК к общему органическому углероду, получают показатель загрязненности сточных вод органическими веществами.

БПК (BOD - Biochemical Oxygen Demand) - это количество кислорода, требующееся для окисления находящихся в воде органических веществ в аэробных условиях в результате происходящих в воде биологических процессов.

Особенно велика роль современных методов аналитической химии, часто называемых инструментальными. Лишь современные методы анализа, среди них спектроскопические, электрохимические, хроматографические и др. (среди них отметим масс-спектрометрию), позволяют достигать необходимых низких пределов обнаружения, высоких чувствительности и избирательности определений. Ввиду важности этой проблемы многие фирмы насыщают рынок приборами простыми и сложными, специально приспособленными для решения задач мониторинга различных объектов.

Специфика объектов окружающей среды как объектов химического анализа заставляет подчеркнуть их изменяющийся состав, многокомпонентность и многофазность. Известным примером может быть ключевая роль оксидов азота в образовании фотохимического смога, усиливающегося под влиянием озона и углеводородов. Множество протекающих в природной среде химических, биохимических и биогеохимических процессов предопределяет чрезвычайную сложность химико-аналитических исследований. Это необходимо учитывать при анализе жидких сред: растворов (они могут быть истинными, коллоидными, насыщенными), суспензий, эмульсий, летучих и нелетучих твердых веществ, газов; при определении различных неорганических и органических веществ, исследовании живого вещества. Принципиально важны пробоотбор, сохранение и консервация проб и пробоподготовка, необходимая для перевода всех компонентов пробы в форму, удобную для проведения анализа. Для этого используют все способы, применяемые в химическом анализе: измельчение твердых образцов, растворение, обработку различными химическими реактивами, нагревание, один из наиболее современных приемов - микроволновое и ультразвуковое облучение - все для полного извлечения определяемых компонентов. Например, при учете всех форм нахождения металлов в водах можно определить растворимые металлы (в фильтрате пробы, подкисленном азотной кислотой), суспендированные металлы (после кислотного озоления - "мокрого сожжения" кислотами-окислителями осадка на фильтре), общие металлы (после мокрого сожжения всей пробы), экстрагирующиеся металлы (анализ фильтрата после обработки пробы смесью азотной и соляной кислот). Необходимо учитывать также способность ионов тяжелых металлов к гидролизу и гидролитической полимеризации и лигандный состав природных вод - наличие гуминовых кислот и, следовательно, формы существования в них металлов.

Сложность почв как объекта анализа определяется их гетерогенным и многофазным характером. Минеральная основа, органические и биологические компоненты: гумусовые веществ, почвенные раствор и воздух - вот объекты анализа в этом случае. К ним следует прибавить еще и оказывающие наиболее сильный загрязняющий эффект минеральные удобрения, пестициды и продукты их превращений.

При определении следов веществ чувствительности применяемых инструментальных аналитических методов иногда бывает недостаточно. В этом случае применяют различные способы аналитического концентрирования: экстракцию органическими растворителями, не смешивающимися с водой, сорбционное концентрирование, дистилляцию, соосаждение, использование криогенных ловушек. Например, органические загрязнители, как правило, присутствуют в питьевой воде в очень малых количествах порядка ppb (part per billion - часть на миллиард, 0,000 001 мг/л). Для выполнения определений их необходимо сконцентрировать. Летучие органические вещества извлекают из вод

потоком инертного газа и улавливают твердыми адсорбентами. Далее нагреванием осуществляют их термическую десорбцию и переносят сконцентрированные компоненты из ловушки в газовый хроматограф. Нелетучие органические вещества экстрагируют органическими растворителями. Экстракты анализируют методами высокоэффективной жидкостной хроматографии. Экстракцию веществами, находящимися в сверхкритическом состоянии (например, диоксидом углерода), упрощающую приготовление концентрата, используют при извлечении полициклических ароматических и гетероциклических углеводородов, пестицидов, полихлорированных бифенилов, диоксинов из твердых образцов, например почв.

Для решения этой задачи используют инструментальные методы современной аналитической химии, основанные на измерении различных физических свойств определяемых веществ или продуктов их химических превращений (аналитических реакций) с помощью физических и физико-химических приборов. Результат измерения, несущий химико-аналитическую информацию, часто называют аналитическим сигналом.

Спектроскопические методы анализа основаны на использовании взаимодействия атомов или молекул определяемых веществ с электромагнитным излучением широкого диапазона энергий. Это могут быть (в порядке уменьшения энергии) гамма-кванты, рентгеновское излучение, ультрафиолетовое и видимое, инфракрасное, микроволновое и радиоволновое излучение. Сигналом может быть испускание или поглощение излучения. Важнейшими для экологического мониторинга, по-видимому, являются нейтронно-активационный, рентгеноспектральный, атомно-абсорбционный и атомно-эмиссионный анализ, спектрофотометрический и флуориметрический методы, инфракрасная спектрометрия.

Ценную информацию в анализе вод предоставляют электрохимические методы анализа: потенциометрия, полярографические и кулонометрические методы.

Исключительно мощное средство контроля загрязнения различных объектов окружающей среды - хроматографические методы, позволяющие анализировать сложные смеси компонентов. Наибольшее значение приобрели тонкослойная, газожидкостная и высокоэффективная жидкостная и ионная хроматография. Будучи несложной по технике выполнения, тонкослойная хроматография хороша при определении пестицидов и других органических соединений-загрязнителей. Газожидкостная хроматография эффективна при анализе многокомпонентных смесей летучих органических веществ. Применение различных детекторов, например малоизбирательного детектора по теплопроводности - катарометра и избирательных - пламенно-ионизационного, электронного захвата, атомно-эмиссионного, позволяет достигать высокой чувствительности при определении высокотоксичных соединений. Высокоэффективную жидкостную хроматографию

применяют при анализе смесей многих загрязняющих веществ, прежде всего нелетучих. Используя высокочувствительные детекторы: спектрофотометрические, флуориметрические, электрохимические, можно определять очень малые количества веществ. При анализе смесей сложного состава особенно эффективно сочетание хроматографии с инфракрасной спектрометрией и особенно с масс-спектрометрией. В последнем случае роль детектора играет подключенный к хроматографу масс-спектрометр. Обычно приборы такого типа оснащены мощным компьютером. Так определяют пестициды, полихлорированные бифенилы, диоксины, нитрозоамины и другие токсичные вещества. Ионная хроматография удобна при анализе катионного и анионного составов вод.

Химическая информация о качестве окружающей среды очень важна. Однако даже все аналитические методы не в состоянии охватить функциональное разнообразие загрязняющих веществ. Не дают они и прямой информации об их биологической опасности. Это задача биологических методов. Результаты наблюдений за изменениями состояния биосферы используют для оценок и прогноза. Эта грандиозная и одна из серьезнейших проблем предопределяет высокую требовательность к правильности результатов химико-аналитического исследования природной среды.

1. Систер В.Г., Котов С.В., Попов А.А., Рыжнёв В.Ю., Сергеев С.К., Цветков Г.М. Экоаналитические технологии. – М.: ИРИДИУМ МЕДИА групп, 2004. – 312 с.
2. Экологическая диагностика: Энциклопедия/В.В. Клюев и др. – М.: Машиностроение, 2000. – 496 с.
3. Экологическая экспертиза/В.К. Донченко и др. – М.: Издательский центр «Академкнига», 2006. – 480 с.
4. Богдановский Г.А. Химическая экология. М.: Изд-во МГУ, 1994. – 237 с.
5. Беспмятников Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: Справочник. Л.: Химия, 1985. – 528 с.
6. Основы аналитической химии. М.: Высш. шк., Кн. 2: Методы химического анализа / Под ред. Ю.А. Золотова. 1996. – 462 с.

УДК 631

**КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ГРУНТОВ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ,
ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И
НЕФТЕПРОДУКТАМИ**

Самарь О.Б., Гонопольский А.М.

Московский государственный университет инженерной экологии

В настоящее время все больше внимания уделяется охране и восстановлению окружающей среды. Здесь на первый план выдвигаются проблемы, связанные с загрязнением атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, вслед за которыми выступает не менее значимый

вопрос обращения с грунтами урбанизированных территорий. Под определение урбанизированных территорий попадают не только городские земли, но и санитарно-защитные зоны промышленных объектов, то есть все территории, на которых сосредоточено население и которые оказываются под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Городские грунты в условиях мегаполиса играют роль аккумулялирующей среды для экотоксикантов, концентрация которых с годами может достигать высоких значений. Основные неорганические экотоксиканты в почве представлены тяжелыми металлами, такими как медь, свинец, цинк, хром, никель, мышьяк, ртуть, кадмий, кобальт и другими, органические – углеводородами нефтепродуктов.

Предотвращение опасности, исходящей от загрязненных земель в городах, обеспечивается либо их сбором и вывозом с последующей укладкой привозных, экологически чистых грунтов, что довольно дорого, либо проведением комплекса технологических мероприятий по очистке загрязненных земель.

Вследствие вышесказанного предполагается использование и дальнейшее исследование новой технологии детоксикации и восстановления загрязненных грунтов городских территорий, в основе которой лежит использование комплексного препарата "Гумиол". В состав этого препарата входят следующие реагенты: гумино-минеральный концентрат (ГМК) и биопрепарата "Олеоворин". В результате внесения ГМК в загрязненные почвы оптимизируется питание и обеспечение водой растений и микроорганизмов, улучшается агрегатный и минералогический состав почв, происходит связывание подвижных форм тяжелых металлов молекулами ГМК, что предотвращает миграцию ТМ в грунтовые воды и их поступление в растения. Внесение биопрепарата "Олеоворин" позволяет обезвреживать почвы, загрязненные нефтепродуктами. В результате протекания процессов биоокисления нефтепродукты, содержащиеся в грунтах, преобразуются в углекислый газ и почвенную органику.

В лабораторных условиях был поставлен уникальный эксперимент, целью которого являлось определение основных параметров технологического режима очистки загрязненных грунтов городских территорий и выявление зависимости степени детоксикации загрязненного грунта от различных условий проведения эксперимента (варьирование температурных и концентрационных режимов). Для приближения исследований к полевым условиям была взята естественно загрязненная почва с газонов, прилегающих к Щелковскому шоссе (г. Москва, ВАО). Концентрации ТМ в почве определялись методом атомно-абсорбционного анализа на спектрометре "КВАНТ – 2А", концентрации нефтепродуктов – флуориметрическим методом на приборе типа "ФЛЮОРАТ 02 – 3М". Длительность эксперимента – 4 недели.

В итоге наибольшая степень биодеградации нефтепродуктов была получена в кювете с внесенным комплексным препаратом при повышенной температуре $t_{\text{термостата}} \approx 30^\circ\text{C}$ и составила 60,8% от начальной

концентрации $C_{\text{нефтепр.}} = 3,25$ г/кг (рис. 1). В кювете без внесения ГМК степень деградации составила лишь 36,0%. Очевидно, что ГМК связывает в комплексы токсические соединения, увеличивая их доступность к биодegradации микроорганизмами биопрепарата.

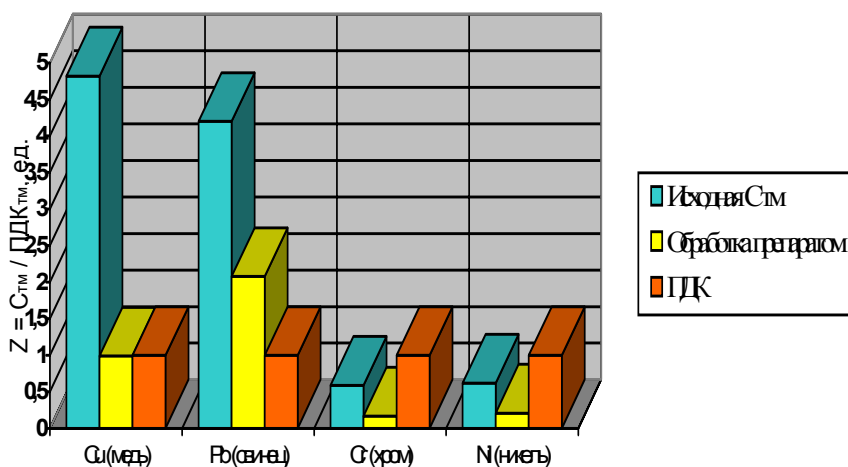


Рис. 1. Степень деструкции нефтепродуктов при внесении препарата "Гумиол"

Наибольшее снижение концентраций подвижных форм ТМ прошло в кюветах с почвой (рис. 2), также обработанной и ГМК, и биопрепаратом, за счет связывания ТМ молекулами ГМК и биосорбции (Cu: с 4,82ПДК до 0,99ПДК; Pb: с 4,20ПДК до 2,08ПДК; Cr: с 0,59ПДК до 0,17ПДК; проч.).

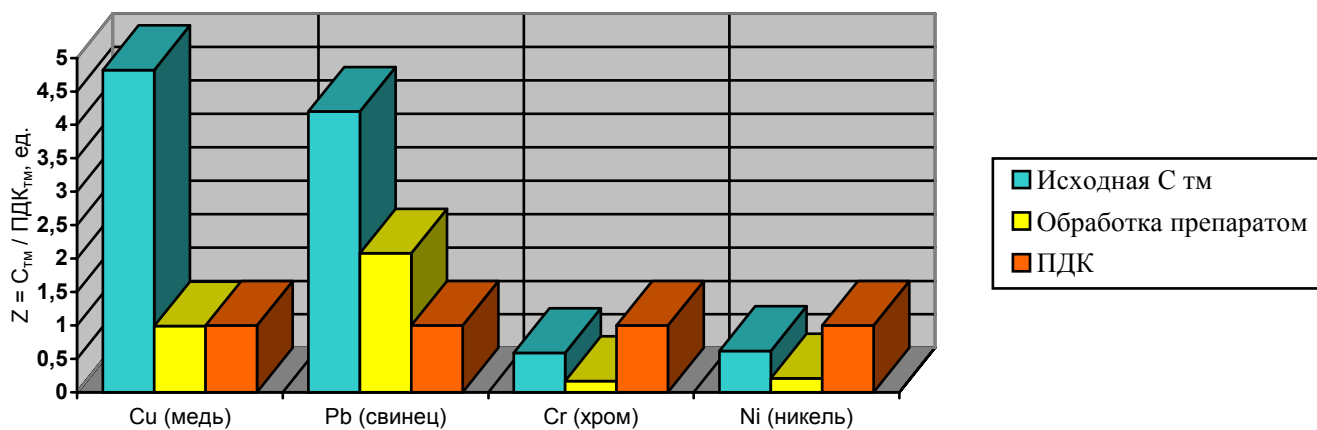


Рис. 2. Снижение уровня концентраций подвижных форм тяжелых металлов по отношению к ПДК (данные выборочного эксперимента)

В итоге была выявлена зависимость степени детоксикации загрязненного грунта от различных условий проведения эксперимента: применение комплексного препарата "Гумиол" показывает лучшие результаты по очистке почв, причем степень очистки выше по тяжелым металлам при увеличенной дозе внесения гумино-минерального концентрата, по нефтепродуктам – при повышенной температуре. Результаты эксперимента позволяют сделать вывод, что комплексная технология биохимической реабилитации обладает двунаправленным

действием в области очистки территорий от тяжелых металлов и нефтепродуктов, является высокоэффективной, перспективной и обладает мировой новизной. В связи с этим была спроектирована передвижная мобильная установка по очистке грунтов в условиях города, разработана ее технологическая схема, проведен подбор и расчет необходимого оборудования.

УДК 628.16

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ

Пирогов Е.Н., Давлетьяров Ш.А.

Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)

Озон широко применяется в различных отраслях промышленности, в медицине, сельском хозяйстве, при разработке экологически чистых технологий и при решении проблемы защиты от вредных выбросов в атмосферу и окружающую среду. Это определяется особым местом, которое занимает озон среди традиционно применяемых окислителей, благодаря высокой реакционной способности и быстрому разложению. По своей реакционной способности озон значительно превосходит другие широко применяемые в промышленности окислители. Озон быстрее вступает в реакции и окисляет при нормальном давлении и температуре, что существенно упрощает технологические и практические ограничения на процессы и производства при его применении. При его использовании не остается побочных продуктов, которые загрязняли бы окисляемое вещество.

Озоновые технологии находят эффективное применение во многих областях сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности. Перспективной представляется возможность использования озонирования в двух направлениях, как стимулирующем жизнедеятельность организмов, так и подавляющем ее. Озон обладает бактерицидными, вирулицидными, фунгицидными и спороцидными свойствами в зависимости от концентрации и экспозиции. Высокая химическая активность озона обусловлена его окислительными свойствами. Озон взаимодействует с мембранной структурой клеток бактерий, грибов, структурной единицей вирусов, что приводит к нарушению ее барьерной функции и их гибели.

Таким образом, можно сделать заключение, что озонные технологии являются перспективным направлением в развитии современной науки и дают ощутимый экономический эффект при применении в народном хозяйстве.

Особенное положение занимают озоно-сорбционные технологии в области очистки воды и водоподготовки как базовой технологии при производстве продуктов питания. Качество применяемой воды непосредственно связано как с качеством выпускаемой продукции, так и эксплуатационными показателями технологического оборудования.

Качество воды, используемой на предприятии, определяется источником водоснабжения и составом водоочистного оборудования, установленного на нем. Это оборудование, если оно имеется, типовое и не учитывает особенности качества воды источника водоснабжения. Этот факт, а также удаленность потребителя воды от станции водоподготовки и, соответственно, наличие протяженной распределительной системы приводит к тому, что используемая в технологическом процессе вода не отвечает требованиям данной технологии, а то и требованиям СанПиН.

В настоящее время в ряде регионов страны состояние питьевого водоснабжения может оказывать неблагоприятное влияние на состояние здоровья населения. Основными причинами неудовлетворительного водоснабжения являются отсутствие зон санитарной охраны источников водоснабжения, дефицит мощностей сооружений водоочистки и обеззараживания воды, неудовлетворительное состояние распределительных сетей и отдаленность очистных сооружений от потребителей.

Обеспечение населения питьевой водой соответствующего качества лежит в плоскости реализации национальных проектов и является важной социально-экономической задачей. Особенно актуальным представляется снабжение качественной водой социально значимых объектов, к которым относятся детские сады, школы, больницы, дома отдыха, а также небольшие населенные пункты и производственные объекты. Характерным для таких объектов является необходимость установки устройств локальной водоочистки производительностью 1 - 20 м³/час.

В качестве варианта решения указанной технической проблемы предлагается путь создания и внедрения на предприятиях отрасли локальных установок очистки воды, использующих универсальную и простую технологию. Такой технологией является озono-сорбционная очистка. Локальная водоподготовка и доочистка основана на том, что атомарный кислород уничтожает бактерии, споры, вирусы, разрушает растворенные в воде органические вещества. Озонирование вод в сочетании с фильтрацией позволяет осуществить окисление и удаление из воды сложных органно-минеральных комплексов, металлов (Fe²⁺, Mn²⁺ и др.). При озонировании минеральный состав, щелочность, активная кислотность воды остаются без изменений. Избыток озона в отличие от хлора не денатурирует воду. Озонирование обогащает воду кислородом, придавая ей вкус родниковой. Это позволяет использовать озон не только для обеззараживания, но и для дезодорации питьевой воды, удаления токсических органических веществ. Все эти процессы взаимосвязаны и протекают одновременно, что в определённой степени характеризует многообразие и неспецифичность действия озона.

Среди процессов улучшения качества питьевой воды наиболее значимым с точки зрения профилактики эпидемических заболеваний является обеззараживание. Высокий вирулицидный эффект озона

отмечается при реальных для практики водоснабжения концентрациях 0,5—0,8 мг/л и экспозиции 12 мин.

Нашим Университетом в содружестве специалистов других предприятий разработан ряд установок очистки воды на основе озон-сорбционной технологии. Установки имеют следующую комплектацию:

- генератор озона (озонатор);
- блок управления;
- насосная станция;
- деструктор озона;
- клапан с электроприводом;
- КФА (контактно-фильтровальный аппарат со встроенным фильтром из кварцевого песка и активированного угля);
- эжекторы;
- комплект датчиков;
- фильтр от механических примесей.

Предлагаемые установки в одной технологической стадии обеспечивают эффективную очистку от соединений железа в форме Fe^{2+} и марганца в форме Mn^{2+} . Одновременно происходит окисление сероводорода, органики и обеззараживание воды. Достигается улучшение вкусовых показателей воды за счет насыщения ее кислородом.

Основным преимуществом такого технического решения является безреагентность (не требуется использование реагентов в процессе работы, т.к. озон является наиболее сильным окислителем и генерируется из воздуха) и универсальность способа очистки.

Работа установки производится в автоматическом режиме. Регенерация встроенного фильтра, в зависимости от требований, может быть выполнена как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Управление работой установки (электромагнитного клапана, озонатора, насосной станции) обеспечивается автоматически по сигналу от блока датчиков уровня.

Продукты окисления задерживаются засыпкой активированного угля, размещенного в контактном резервуаре. Поскольку вода, попадающая на активированный уголь, содержит избыточное количество растворенного озона, активированный уголь в установке работает как катализатор, а не как адсорбент и не нуждается в замене (растворенные органические соединения быстро окисляются на поверхности активированного угля, а не накапливаются на ней).

По мере накопления осадка активированный уголь требует регенерации. Продолжительность процесса очистки устанавливается опытным путем и зависит от качества исходной воды.

Представленные установки имеют широкий диапазон применения как в качестве самостоятельного решения, так и в качестве предварительной стадии для получения воды с заведомо высокими показателями (умягчение, обессоливание и т.п.).

Разработаны две линии озонаторов:

- **универсальные озонаторы**, эффективно работающие как на осушенном, так и на неосушенном воздухе. Озонаторы этой серии при работе на неосушенном воздухе имеют уникальные характеристики, позволяющие достигать очень высоких (до 15 г/м^3 для неосушенного воздуха) концентраций озона при низких энергозатратах, обеспечивая при этом многолетний ресурс работы. Это качество существенно при использовании данных озонаторов и в схемах с осушенным воздухом, так как при выходе из строя системы осушки, озонаторы сохраняют работоспособность установок очистки, лишь снижая выработку озона в 1,5– 2 раза.

Применение данных озонаторов резко увеличивает надежность озонаторных установок и делает применение озono-сорбционной технологии в сфере систем водоочистки производительностью до $100 - 200 \text{ м}^3/\text{час}$ актуальной и эффективной.

Производительность озонаторов этой линии - до 200 г/час на неосушенном воздухе.

- **кислородные озонаторы** со встроенным концентратором кислорода достигают высоких концентраций озона (до 120 г/м^3) при низких энергозатратах системы (озонатор + концентратор кислорода). Оптимальный подход к системе (озонатор + концентратор кислорода) позволяет реализовывать в системах водоочистки режимы энергосбережения и значительно расширить область применения озono-сорбционных технологий.

Производительность озонаторов этой линии - до 2500 г/час и может быть увеличена в соответствии с задачами.

На базе разработанных и описанных выше генераторов озона производятся установки очистки воды:

- артезианских скважин;
- открытых водоемов;
- центрального водопровода;
- оборотной воды плавательных бассейнов;
- прудов, аквариумов для выращивания и передержки рыбы;
- производственных сточных вод.

Варианты исполнения установок озono-сорбционной очистки воды производительностью $2 \text{ м}^3/\text{час}$ и $15 \text{ м}^3/\text{час}$ представлены соответственно на рис. 1 и рис. 2.



Рис.1. Установка озono-сорбционной очистки воды производительностью 2 м³/час



Рис.2. Установка озono-сорбционной очистки воды производительностью 15 м³/час

УДК 620.19, 621

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ НЕФТЕПРОВОДОВ

Бугаенко А.А.

Московский государственный университет инженерной экологии

Актуальнейшей проблемой в технологическом процессе переработки нефти является коррозия аппаратов и трубопроводов. Современные методы защиты от коррозии нефтеперерабатывающего оборудования во время его эксплуатации в основном основываются на применении химико-технологических методов, таких как обессоливание и обезвоживание нефти, нейтрализации агрессивных компонентов путём ввода щелочных

реагентов в сырец, а также за счёт применения ингибиторов скорости коррозии.

Эксплуатация нефтеперерабатывающего оборудования зачастую сопровождается неритмичной загрузкой технологических установок, простоями в результате возникающих производственных отказов, нестабильной подачей химических реагентов и изменением состава сырья.

Антикоррозионные мероприятия, производящиеся по стандартной схеме наблюдения за купонами-свидетелями, с последующим проведением плановых ремонтов, несут запоздалый характер, так как фиксируют уже произошедшие изменения и не позволяют оперативно влиять на зарождение интенсивной коррозии в результате изменения состава среды или технологических параметров. Существующие системы коррозионного мониторинга и автоматической подачи реагентов, работающие по принципу обратной связи с датчиков коррозии, так же не позволяют оперативно реагировать на изменения. Это связано с тем, что применяемые в данных системах датчики коррозии, работающие на основании метода электрического сопротивления, обладают высокой инерционностью. Текущая система дозирования ингибитора изображена на рис. 1.

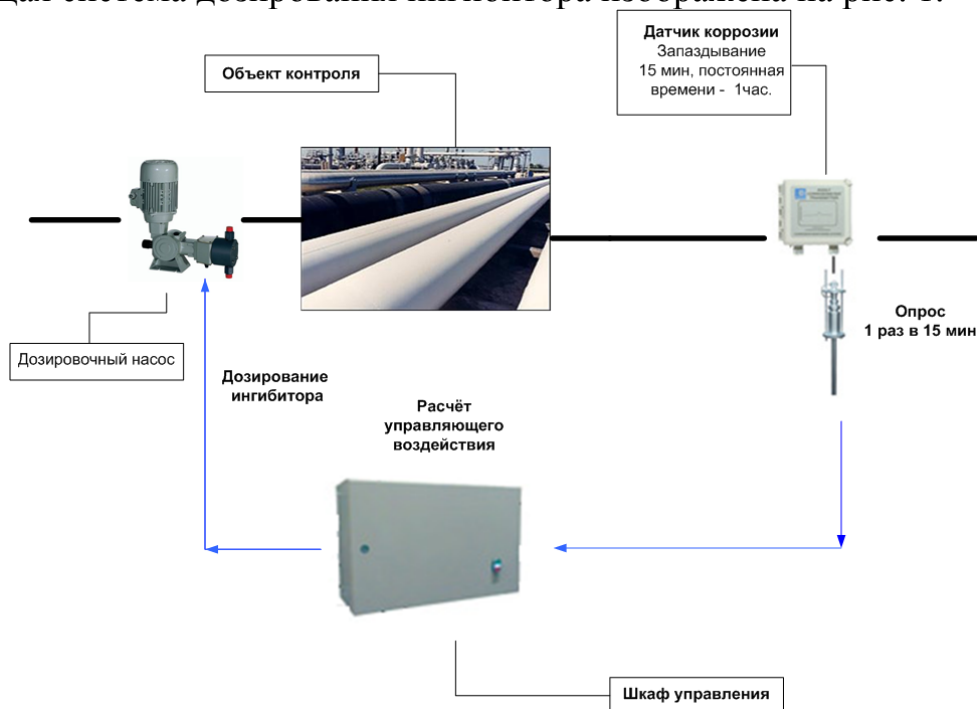


Рис. 1. Одноконтурное регулирование подачи ингибитора.

Решением данной проблемы может являться дополнение основного метода измерения скорости коррозии (метода электрического сопротивления), аналитическим методом, как так же часто применимым на предприятиях химической промышленности.

Принципиальное отличие структуры модификации системы заключается в появлении корректирующего канала в контуре регулирования антикоррозионного ингибитора.

Существует ряд внешних факторов, влияющих на процесс скорости коррозии: кислотность среды, концентрация солей, концентрация ингибитора, турбулентность среды, температура, давление, концентрация металлов, внешние блуждающие токи, наличие ультразвука и другие.

Для установок первичной переработки нефти некоторыми влияющими на скорость коррозии факторами можно пренебречь, т.к. либо они практически не изменяются во времени, либо отсутствуют в данном технологическом процессе, либо уже поддерживаются, согласно регламенту, на постоянном уровне.

Исключим из влияющих факторов, те которые отсутствуют при данном технологическом процессе. Это:

- Внешние токи. Нефть – практически не проводящая среда. Наводки практически отсутствуют;
- Ультразвук. На объекте отсутствуют внешние источники ультразвука, влияние пренебрежимо мало;

Исключим, так же, из факторов, влияющих на скорость коррозии, те которые уже поддерживаются на постоянном уровне, в связи с требованиями технологического регламента. Это:

- Величина критерия Рейнольдса Re . Единственным переменным значением является скорость потока, которая в свою очередь поддерживается на постоянном уровне;
- Температура. Согласно регламенту, поддерживается на постоянном уровне.
- Давление. Согласно регламенту, поддерживается на постоянном уровне.
- Концентрация солей. После блока электрообессоливания, концентрация солей очень мала и можно не учитывать её влияние.

Из оставшихся параметров наиболее быстро изменяющимся является кислотность, поэтому выбираем корректирующим каналом pH . Модифицированная система (каскадная) представлена на рис. 2. В качестве внутреннего канала регулирования используется контур по поддержанию величины показателя pH (данные с датчика pH фильтруются и проверяются на достоверность), задание на который выдаётся с внешнего контура, входным сигналом для которого является отфильтрованный и сглаженный сигнал с датчика коррозии. Поскольку сигнал с датчика коррозии характеризуется большим временем чистого запаздывания и инерционностью, то целесообразно проводить аппроксимацию сигналов с датчика коррозии, производить экстраполяцию скорости коррозии на текущий момент (таким образом исключая величину чистого запаздывания). Способ сглаживания и экстраполяции выбран по среднеквадратичному критерию из ряда вариантов. Наилучшим оказался метод четвёртых разностей.

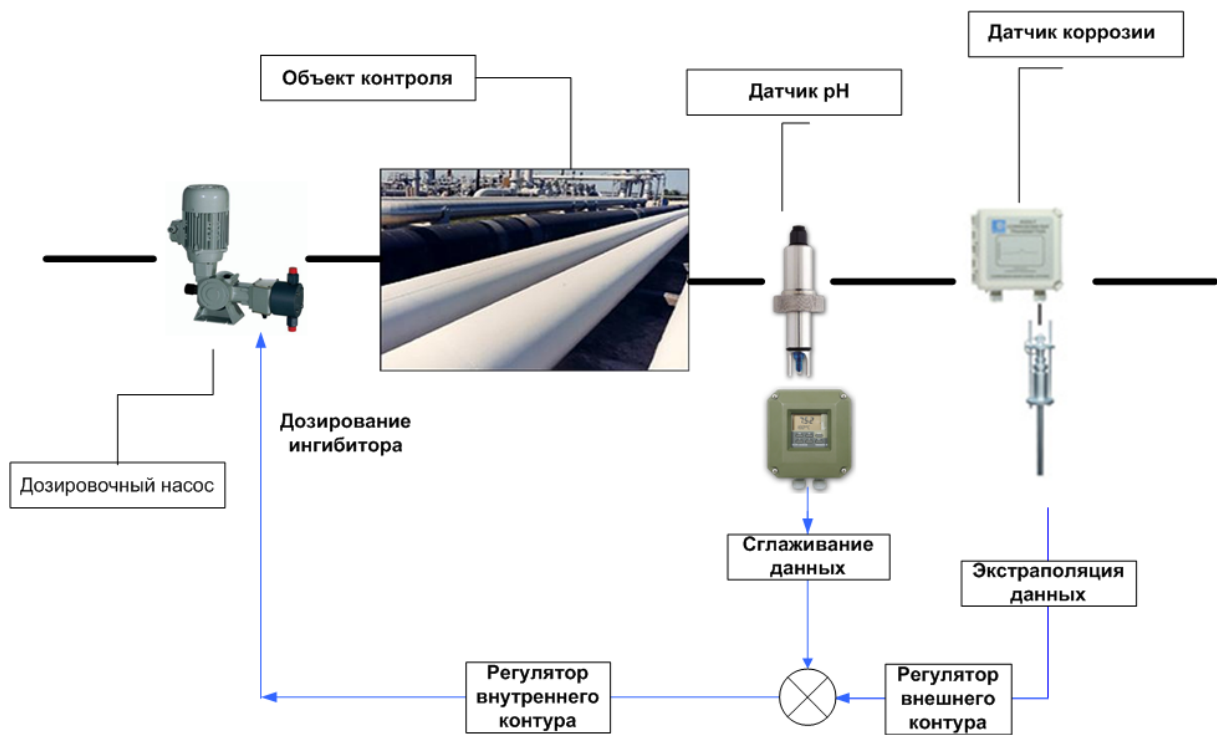


Рис. 2. Каскадная система регулирования подачи ингибитора.

УДК 631

АВТОМАТИЗАЦИЯ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ БУРОВЫХ ШЛАМОВ

Маркелов П.Е.

Московский государственный университет инженерной экологии

В результате работы бурового оборудования образуются буровые отходы – вещества, очистка и повторное использование которых экономически невыгодно или технологически нецелесообразно. Буровые отходы состоят из буровых сточных вод, отработанного бурового раствора и бурового шлама, в ряде случаев перемешанных в шламowych амбарах.

Процесс переработки шлама и загрязненных вод представляет операции по размыву шлама, отстаиванию суспензии, обжигу тяжелой фракции, отстаиванию и упариванию жидкой фракции (загрязненные воды и надосадочный слой после размыва бурового шлама).

В результате переработки получают:

- отожженный буровой шлам (твердая фракция, очищенный грунт), который может быть использован в качестве строительного материала при возведении дорог;
- очищенную воду, которую повторно используют при приготовлении буровых растворов;
- сухие соли (в основном, хлористый калий), которые повторно используют в буровых растворах.

Переработка отходов – бурового шлама и загрязненных вод производится в тепловом процессоре и выпарной установке. Предварительно производят подготовку отходов к переработке: буровой шлам растапливают водой (отстоянная загрязненная вода или конденсат), отстаивают для выделения густого осадка, нефтяного слоя и загрязненной воды; поступающую загрязненную воду также отстаивают, отделяют примеси нефти, осадок и собственно загрязненную воду.

Осадок бурового шлама подвергают кондиционированию и экструзии, после чего обжигают в тепловом процессоре. Обжиг производят топочными газами при температуре 500-600 °С. Отходящие газы очищают в скруббере и дожигают в горелке дожига.

Загрязненную воду подают на выпаривание в четырехступенчатую установку, в которой концентрируют воду в 7-8 раз. Упаренный концентрат (в основном, раствор солей) подают на обжиг в тепловой процессор.

Конденсат пара с выпарной установки после охлаждения очищают в биофилт্রে, после чего повторно используют при приготовлении буровых растворов.

Высушенный (отожженный) буровой шлам представляет собой отход не выше 5 класса опасности и может быть использован в качестве строительного материала в дорожном строительстве.

Установка по утилизации бурового шлама периодического действия (16/8 часов). Из этого следует, что в начале каждой смены система будет проходить пусковые режимы. На этой стадии могут проявляться нелинейности, которые необходимо учитывать. Также необходимо учитывать особенности технической реализации ТСА.

К таким особенностям относятся:

- конечный динамический диапазон изменений физических переменных в системе (ограниченная мощность нагревателя, ограниченная пропускная способность клапана);

- не всегда существующая возможность изменения знака управляющего воздействия (например, в системе поддержания температуры часто отсутствует холодильник, двигатель может не иметь реверсивного хода);

- ограниченная точность измерений, что требует специальных мер для выполнения операции дифференцирования с приемлемой погрешностью;

- наличие практически во всех системах типовых нелинейностей: насыщение (ограничение динамического диапазона изменения переменных), ограничение скорости нарастания, гистерезис и люфт;

- технологический разброс и случайные вариации параметров регулятора и объекта;

- дискретная реализация регулятора;

- необходимость плавного (безударного) переключения режимов регулирования.

Наиболее типовым проявлением режима ограничения является так называемое «интегральное насыщение», которое возникает в процессе выхода системы на режим в регуляторах с ненулевой постоянной интегрирования $T_i \neq 0$. Интегральное насыщение приводит к затягиванию переходного процесса.

Суть проблемы интегрального насыщения состоит в том, что если сигнал на входе объекта управления вошёл в зону насыщения (ограничения), а сигнал рассогласования не равен нулю, интегратор продолжает интегрировать, то есть сигнал на его выходе растёт, но этот сигнал не участвует в процессе регулирования и не воздействует на объект вследствие эффекта насыщения. Система управления в этом случае становится эквивалентной разомкнутой системе, сигнал на входе которой равен уровню насыщения управляющего сигнала.

Для тепловых систем ограничением снизу обычно является нулевая мощность нагрева, в то время как ПИД-регулятор требует подачи на объект «отрицательной мощности нагрева», то есть охлаждения объекта.

Учет ограничений управляющих воздействий известен в практике через теорию оптимального управления методами принципа максимума Понтрягина и динамического программирования Беллмана. Недостатками данных методов являются: 1) сложность подхода; 2) структура алгоритма оптимального управления довольно непростая. Для автоматизации мобильной установки для обезвреживания буровых шламов предлагается использовать эвристический метод Флюгге-Лотс.

УДК 504

ОЧИСТКА ФИЛЬТРАТА ТБО С УТИЛИЗАЦИЕЙ ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ ОСАДКА

Волотова Е.В., Миташова Н.И.

Московский государственный университет инженерной экологии

Наступление свалок и полигонов на окружающую природную среду серьезно угрожает здоровью людей нашей планеты, поскольку токсичные загрязняющие вещества поступают с полигонов (ТБО) в атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды. До настоящего времени не функционируют реальные, эффективные очистные сооружения на полигонах захоронения ТБО. Исходя из этого, основной задачей нашей работы было нахождение способов детоксикации и утилизации осадков, образующихся в данном случае на экспериментальной установке по стадийной локальной очистке фильтрата ТБО.

Фильтрат полигонов ТБО представляет собой темную, бурую, резко пахнущую жидкость, содержащую в своем составе органические вещества (по БПК. ХПК), тяжелые металлы (цинк, хром, свинец, кадмий, медь и д.т.) и биогенные соединения (азот аммонийный, фосфаты и др.).

На базе экологической лаборатории ФГУП «ЦНИИбыт» создали экспериментальный стенд по многоступенчатой очистке реальных фильтратов с применением способов барботаж с флокулянтами; отдувки аммиака флотацией; использования коагулянтов из промходов (отработанных травильных растворов) и электрокоагуляции-флотации (ЭФК) на последней ступени очистки.

Но тут встает другой вопрос – в процессе очистки фильтрата образуется осадок, в котором присутствуют тяжелые металлы и который в свою очередь нужно утилизировать. Было предложено два пути решения этой проблемы: использование гуминовых кислот и захоронение осадка в полимербетонные плиты.

Гуминовые кислоты относят к природным сорбентам, их щелочные растворы обладают поверхностно-активными свойствами. Были проведены исследования водной вытяжки осадка с включением гумината и без включения гуминита, которые показали, что гуминовые кислоты поглощают тяжелые металлы до допустимых пределов (ПДК), но в результате эксперимента было обнаружено превышение фенолов, которые отсутствовали в осадке до смешения его с гуминатом.

Вследствие чего были проведены дальнейшие исследования по возможности включения осадка в полимербетон. В результате анализов так же были обнаружены фенолы. Затем был проведен анализ водной вытяжки полимербетонных с включением осадка и гумината: результат водной вытяжки которых показал хорошие результаты по всем показателям, включая фенолы.

УДК 628.543

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ КУБОВЫХ ОСТАТКОВ ОТ МАШИН ХИМИЧЕСКОЙ ЧИСТКИ СОДЕРЖАЩИХ ПХЭ

Пирогов А.О., Митаинова Н.И.

Московский государственный университет инженерной экологии

В Москве образуется в год до 2 тысяч тонн токсичных отходов химической чистки (шлам). Эти отходы содержат органический растворитель тетрахлорэтилен (ПХЭ).

Сброс кубовых остатков наносит вред окружающей среде в связи с несанкционированным сбросом на рельеф, овраги, поля и лесные массивы, загрязняя источники водоснабжения.

Исходя из этого, необходимо кубовые остатки обезвреживать до 4-го класса опасности («мало опасные») и утилизировать в народном хозяйстве. Состав шлама является переменным, ПХЭ 50-70%

Предельно допустимые концентрации ПХЭ:

- в рабочей зоне (максимально разовая) 10 мг/м^3
- в атмосфере (максимально разовая) $0,5 \text{ мг/м}^3$

Нами было разработано устройство для обезвреживания кубовых остатков от машин химической чистки - выпарной аппарат.

Сборочные единицы: корпус аппарата, рубашка; детали: фланцы, прокладка, крышка аппарата, днище.

Процесс выпаривания заключается в удалении из раствора большей части растворителя и получении концентрированного раствора. Выпаривание проводят, чтобы при заданной производительности получить сгущенный раствор требуемой концентрации без потерь сухого вещества и при возможно меньшем расходе топлива.

В нашем случае в однокорпусном аппарате происходит дистилляция шлама «глухим» паром (температура 148-150 °С) и его отгонка «острым» паром (температура 148-150 °С) посредством пароструйного компрессора – эжектора.

Эжектор - устройство для извлечения растворителя из жидкого шлама, образующегося в машинах химической чистки.

При подаче пара в сопло эжектора происходит обмен не только механической, но и тепловой энергией, что принуждает шлам подниматься на высоту смещения и вступать с водяным паром в контактный теплообмен. В результате – на выходе из диффузора эжектора образуется жидкая (загрязнения + растворитель + вода) и парообразная (растворитель + вода) составляющие. Жидкая составляющая, в виде струй и капель, попадая на теплопередающую поверхность днища выпарного аппарата, частично вскипает, превращаясь в пар растворителя и воды и вместе с парообразной - конденсируется в теплообменном аппарате.

В лаборатории ЦНИИ быта проведена отгонка ПХЭ из шлама различными способами. На экспериментальной установке для регенерации растворителя из шлама, производилась оценка фракционной отгонки, азеотропной отгонки (с добавлением воды) и отгонки шлама после применения эжектора.

Проанализировав состав шлама различными способами (фракционной, азеотропной и с использованием эжектора), следует прийти к выводу, что использование такого нововведения как эжектор, позволяет значительно снизить содержание растворителя в кубовых остатках, тем самым уменьшая класс опасности шлама до «малоопасного».

УДК 628.543

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ЧИСТКИ ОТ ТЕТРАХЛОРЭТИЛЕНА

Кищенко Е.И., Миташова Н.И.

Московский государственный университет инженерной экологии

Растворитель тетрахлорэтилен, более известный как перхлорэтилен (ПХЭ), наряду с повсеместным использованием в химической чистке, широко применяется для обезжиривания деталей на машиностроительных

заводах, в полиграфической промышленности для обработки плат и ряде других производств. ПХЭ является экотоксикантом (Регистр ПОХВ №ВТО 000353 от 28.02.95г.), ксенобиотиком и канцерогеноопасным растворителем для животных и человека (ГН 1.1.725-98 п.3.1.24) 2-ого класса опасности, Разработка способов локальной очистки выбросов и сбросов ПХЭ приобретает особую значимость и актуальность. Парк оборудования для химической чистки в России представлен в основном, машинами 4-6 поколения немецких и итальянских фирм. Это оборудование, несмотря на определенное совершенствование, еще недостаточно экологично, что приводит к сверхнормативным выбросам (в частности, наиболее распространенного перхлорэтилена – ПХЭ) в рабочую зону и атмосферный воздух; к сбросам сточных вод с ПХЭ из водоотделителей машин и бесконтрольному сбросу кубовых остатков с ПХЭ на рельеф, овраги и т.д.

В лаборатории экологии ЦНИИбыт был проведен газохроматографический количественный химический анализ (КХА) содержания ПХЭ в сточных водах из водоотделителей машин химической чистки и в канализационных колодцах предприятий химической чистки. На основании данных КХА были разработаны принципиальная технологическая схема «кустовой» локальной очистки сточных вод группы предприятий от хлорорганических растворителей (ПХЭ) и рекомендации по очистке канализационных колодцев предприятий химической чистки от ПХЭ:

Первый этап очистки.

- промывка колодца холодной водой – 15 минут (первая промывка);
- пропаривание колодца – 15 минут;
- промывка колодца холодной водой – 15 минут (вторая промывка);

Второй этап очистки.

- второе пропаривание колодца – 15 минут;
- засыпать дно колодца негашеной известью («пушонка») в количестве 1,5 – 2 кг и оставить на 24 часа;
- промывку колодца холодной водой (третья промывка) и после этого отобрать со дна колодца пробу воды на анализ содержания в ней ПХЭ

Помимо проведения КХА концентраций ПХЭ в канализационных колодцах, было проведено биотестирование на семенах пшеницы (МР 2.1.7.2297-07), с целью определения токсичности воды из колодца и очищенной по предложенным рекомендациям. Среди исследуемых показателей,- определение всхожести семян, длины корневой системы и высоты зеленой части проростков на 3-ий, 7-ой и 10-ый день наблюдения. По результатам биотестирования, вода с содержанием ПХЭ из канализационных колодцев подавляет всхожесть пшеницы и согласно МР 2.1.7.2297-07 «Обоснование класса опасности отходов производства и

потребления по фитотоксичности» воду с перхлорэтиленом из канализационных колодцев можно отнести ко второму классу опасности.

Необходимо продолжение исследований по достижению полной очистки выходных канализационных колодцев предприятий от токсичного ПХЭ с помощью отечественных устройств, т.к. стоимость предлагаемых западными фирмами устройств составляет 2 тыс. евро для одного предприятия.

УДК 621.359.7

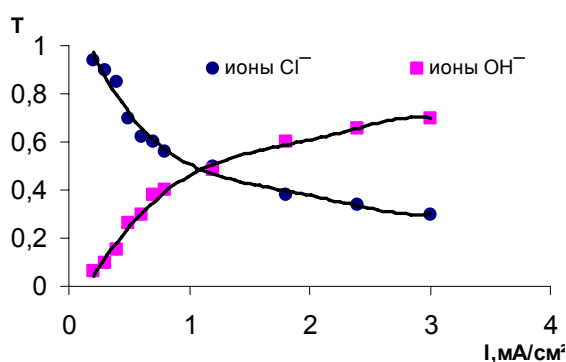
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЕССОЛИВАНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ РАСТВОРОВ СОЛЕЙ ПРИ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗЕ

Гуляева Е.С., Михирамов П.И., Беренгартен М.Г.

Московский государственный университет инженерной экологии

Разделение и концентрирование ионных растворов методом электродиализа весьма перспективно для применения во многих отраслях промышленности. Электродиализ позволяет получить очищенную воду, пригодную для повторного использования в технологических процессах. Возможность одновременно сконцентрировать ценные компоненты позволяет непрерывно возвращать их в технологический процесс или переводить в состояние, пригодное для эффективной утилизации в других технологиях. Это делает возможным комплексное решение экономических и экологических проблем этих производств.

Электродиализ – это процесс мембранного разделения, при котором ионы переносятся через мембрану под действием внешнего электрического поля. При наложении электрического поля на мембранную систему ионы электролитов посредством миграции, диффузии и конвекции доставляются к межфазной границе и переносятся через ионообменную мембрану. Числа переноса показывают какая часть электричества переносится отдельным видом ионов и является характеристикой данного электролита в данных условиях. Числа переноса зависят от фактических условий: природы растворителя, концентрации, температуры, градиента электрического потенциала и т.д. Зависимость чисел переноса ионов Cl^- и OH^- от плотности тока представлена на рисунке 1. Исследования проводились на экспериментальной установке фильтр - прессионального типа с чередующимися мембранами МА-40 и МК-40 на модельных растворах NaCl. Числа переноса определяются соотношением значений подвижности, поскольку подвижность ионов воды различная ($U_{\text{H}^+} > U_{\text{OH}^-}$) возникает дисбаланс рН (рис 2).



Рис/ 1. Числа переноса ионов Cl^- и OH^- в канале обессоливания, образованном мембранами MA-40/MA-40

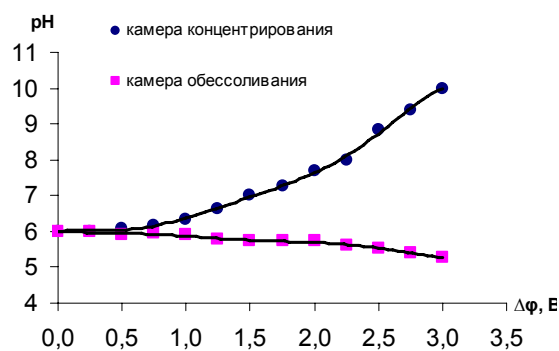


Рис. 2. Изменение pH в камерах обессоливания и концентрирования в растворе NaCl в зависимости от падения потенциала на мембране

Разные числа переноса ионов в мембране и в растворе позволяют обессоливать и концентрировать растворы электролитов, а также разделять ионные смеси. Для увеличения полноты обессоливания необходимы высокие числа переноса противоионов в мембране, увеличение плотности тока и уменьшение толщины диффузионного пограничного слоя. Для уменьшения толщины диффузионного пограничного слоя используют увеличение скорости подачи растворов (гидродинамическая интенсификация). Контролируя эти параметры можно регулировать полноту обессоливания, а значит и эффективность процесса.

УДК 662

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СГУЩЕНИЯ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ (НА ПРИМЕРЕ ЦОФ "ПЕЧОРСКАЯ")

Скворцова Е.С., Гольберг Г.Ю.

Московский государственный университет инженерной экологии

Современные требования по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов диктуют необходимость новых технических решений по совершенствованию техники и технологии переработки минерального сырья для исключения вредных выбросов и обеспечения высокой эффективности процессов при низких капитальных и эксплуатационных затратах.

Настоящая работа выполнена применительно к ЦОФ "Печорская" (г. Воркута), перерабатывающей коксующиеся угли. Отходы флотации данной фабрики характеризуются значительным содержанием тонкодисперсных глинистых частиц (до 80 % частиц крупностью менее 10 мкм). Действующая в настоящее время на ЦОФ технология сгущения отходов флотации в радиальных сгустителях традиционной конструкции

не обеспечивает требуемых показателей разделения: содержание твёрдого в сливе составляет около 20 кг/м^3 вместо допустимого значения $5-7 \text{ кг/м}^3$; содержание твёрдого в сгущённом продукте составляет $110-150 \text{ кг/м}^3$ вместо требуемого значения $350-400 \text{ кг/м}^3$, поэтому сгущение отходов флотации осуществляется в две стадии (всего задействовано четыре сгустителя), причём на каждой стадии применяется флокулянт; суммарный расход составляет 150 г/т .

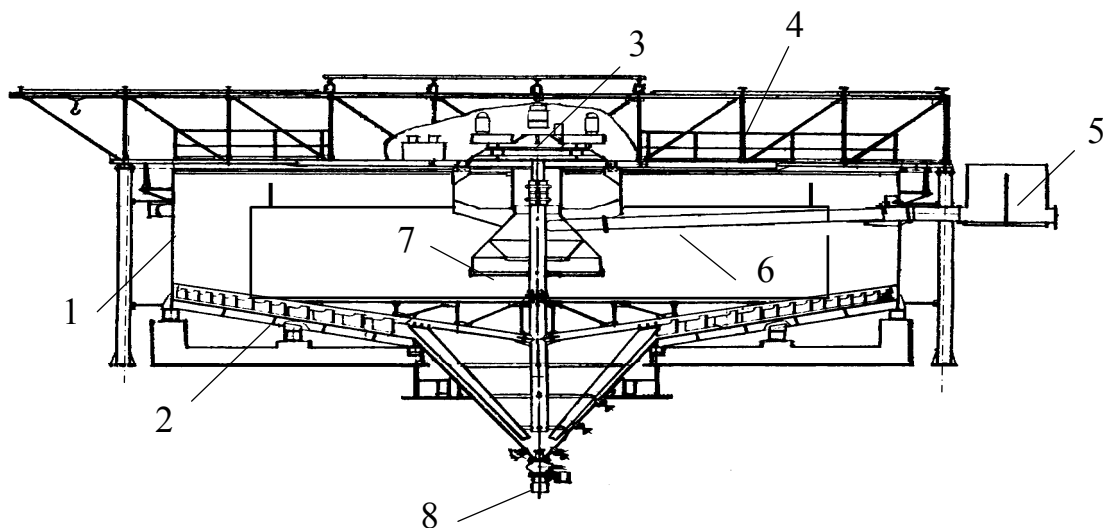


Рис 1. Схема устройства радиального сгустителя со взвешенным слоем и с осадкоуплотнителем

1 – сгустительный чан; 2 – гребковое устройство; 3 – привод; 4 – опорная ферма; 5 – деаэрактор; 6 – питающая труба; 7 – загрузочное устройство; 8 – разгрузочное устройство.

С целью повышения эффективности сгущения отходов флотации ЦОФ "Печорская" в настоящей работе предлагается применение сгустителей со взвешенным слоем, снабжённых осадкоуплотнителем. Сгуститель работает следующим образом. Исходная суспензия поступает в загрузочное устройство колоколообразной формы, заглубленное в сгустительный чан и снабженное отбойным диском. В результате на уровне загрузочного устройства в сгустительном чане образуется взвешенный слой частиц (главным образом флокул). Этот слой находится в состоянии динамического равновесия, поскольку масса вновь поступивших частиц равна массе частиц, осевших на дно сгустительного чана. Суспензия фильтруется через взвешенный слой; таким образом, достигается низкое содержание частиц твёрдой фазы в сливе (около 5 кг/м^3). Осевшие на дно сгустительного чана частицы транспортируются гребковым устройством к осадкоуплотнителю. Здесь под действием гидростатического давления содержание твёрдого достигает $350-360 \text{ кг/м}^3$. Сгущённая суспензия удаляется при помощи разгрузочного устройства.

Осветлённая вода (слив) переливается через борт сгустительного чана в кольцевой жёлоб и направляется в оборот.

Для сгустителей взвешенного слоя допустимая удельная нагрузка в 2,5 раза выше по сравнению со сгустителями традиционной конструкции. Поэтому при заданном объёмном расходе исходной суспензии отходов флотации потребуется два разработанных сгустителя, причём работающих в одну стадию. Расход флокулянта снижается в 1,5 раза по сравнению с действующей технологией.

Благодаря установке сгустителей со взвешенным слоем достигается: повышение эффективности разделения отходов флотации; уменьшение количества единиц оборудования; снижение расхода флокулянта. Таким образом, новая технология сгущения отходов флотации обеспечивает повышение эффективности ресурсо- и энергосбережения.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Alekseeva O.E., 156
Bechtel A., 73
Syrin Y.R., 156
Tretuyakov P.V., 156
Абрамов В.О., 31, 101
Аверин Е.Г., 76
Акусов В.В., 124
Алексеева О.Е., 69
Алифференкова М.А., 144
Антонова А.Л., 129
Арцева М.В., 148
Баранов Д.А., 144
Батуринец А.А., 163
Беляевский Д.М., 66
Беляевский М.Ю., 66
Беренгартен М.Г., 234
Бирюков В.В., 163, 178, 194, 196
Борисенко А.Л., 22, 80
Бородин Н.Е., 62
Бугаенко А.А., 225
Бутков В.В., 148
Бутузов Г.Н., 73
Бутузова Л.Ф., 73, 161
Бутюгин А.В., 129
Вайнштейн С.И., 186
Варфоломеева Э.А., 202
Векслер Г.Б., 101
Веретельник С.П., 12, 38
Власов Г.А., 12, 38, 49, 129
Волотова Е.В., 230
Гданский Н.И., 169, 174
Гладышев П.А., 179
Глазов Р.В., 152
Гнеденко М.В., 129
Гольберг Г.Ю., 235
Гонопольский А.А., 26
Гонопольский А.М., 103, 107, 198, 218
Гончаров Д.В., 66
Горбенко О.О., 45, 98
Горшина Е.С., 163, 194, 196
Гребенюк А.Ф., 91
Гриднева Е.С., 31
Гуков Д.М., 24
Гула Е.А., 178
Гуляева Е.С., 234
Гусарова О.В., 148
Давлетьяров Ш.А., 221
Дедовец И.Г., 91
Дыган М.М., 198
Елисеева О.А., 111
Жуков В.Г., 16
Журба В.В., 121
Заборская А.Ю., 15
Зайцев Д.Б., 149
Закирова Л.Р., 196
Зубов Д.В., 180, 204
Карагодов-Булгаков И.А., 53
Карышев И.В., 59
Каталымов А.В., 28
Кауфман С.И., 12, 38, 80
Кипря А.В., 73
Кирбаба В.В., 22, 80, 129
Кищенко Е.И., 232
Клевлеев В.М., 144
Клешня Г.Г., 38, 49
Кныш К.Е., 80
Ковалев Е.Т., 34
Кольцова Э.М., 204
Константинова Т.Н., 95
Коростылёв А.В., 141, 168
Костина Е.Д., 69
Крутя Н.А., 204
Кручинина Н.Е., 101
Кудинова А.В., 20, 184
Кудрявцев А.А., 121
Кузнецова И.А., 144
Кутняшенко И.В., 12
Кушнир К.Я., 103, 107
Лантухова И.Е., 167
Латышенко К.П., 212
Леднев А.К., 111
Локтионова А.А., 124
Луганцев Л.Д., 141, 164, 165, 167, 168
Майданюк А.А., 137

Майский С.Н., 164
Малеев В.Б., 121
Мальш А.С., 80
Мальцевская Н.В., 85
Маркелов П.Е., 228
Марченко Ю.А., 169
Матвиенко В.Г., 118
Мещерякова Н.Н., 20, 184
Минаев А.А., 8
Миташова Н.И., 230, 231, 232
Михирамов П.И., 234
Молчанова И.В., 24, 95
Мордвинова Е.М., 180
Мортиков Е.С., 28
Муллакаев М.С., 31, 101
Мурашов В.Е., 107
Никитин А.В., 158
Никифоров Л.Л., 16
Николайкина Н.Е., 26
Нифантова Л.С., 118
Парфенюк А.С., 12, 38, 69, 76
Пирогов А.О., 231
Пирогов Е.Н., 221
Пирожков В.А., 66
Поляков А.Н., 20, 184
Продан В.Д., 62
Пушной А.О., 165
Романенко Е.П., 12
Русинова Т.В., 194, 196
Рыщенко А.И., 34
Сайтова Я.А., 174
Самарь О.Б., 218
Сафин В.А., 161
Свирюкова О.В., 212
Севастьянов А.П., 186
Сергеев А.Д., 168
Сергеева А.В., 178, 180
Систер В.Г., 31, 111, 114
Скворцова Е.С., 235
Скичко А.С., 204
Скрипченко Н.П., 12, 38
Сова А.Н., 38
Спивак Д.А., 59
Стефанова М.Д., 161
Стрельцов А.Н., 196
Стручкова О.Ю., 137
Стручкова Т.Ю., 137
Суркова Л.В., 66
Суфиянов Р.Ш., 28
Тарасевич М.Р., 114
Тасиц Д.И., 12
Тимонин А.С., 149
Тимошенко В.Ф., 22
Толчёнов А.А., 180
Топоров А.А., 38, 124
Третьяков П.В., 69
Трошкин О.А., 66
Узденников Н.Б., 129
Фидчунов А.Л., 87
Фидчунов Л.Н., 22
Фокина М.С., 62
Хуснутдинова К.Т., 152
Чечиков И.В., 16
Чешко Ф.Ф., 49
Чихонадских Е.А., 59
Шакир Ш.М., 73
Шахурин Д.С., 41, 202
Шкарин Н.Ю., 149
Шпильрайн Э.Э., 186
Шульга И.В., 34
Щербакова Н.С., 194
Ягафарова Р.Ф., 144
Ямчук А.И., 114

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Сборник трудов
VI международной
научно-практической конференции

**«Экологические проблемы
индустриальных мегаполисов»
21–24 апреля 2009 года**

Подп. в печать 29.05.2009. Форм. бум. 60×84 1/16.
Объем усл.п.л. 10,5. Уч.-изд. л. 15,54. Тираж 100 экз. Зак.
МГУИЭ, Издательский центр
105066, Москва, ул. Старая Басманная, д. 21/4.