

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ
И АТОМНОМУ НАДЗОРУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МИНИСТЕРСТВО ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
УКРАИНЫ
МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ДОНЕЦКАЯ ОБЛАСТНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АДМИНИСТРАЦИЯ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ
ЭКОЛОГИИ
ПАО «АВДЕЕВСКИЙ КОКСОХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»
ОАО «ИНСТИТУТ ЮЖНИИГИПРОГАЗ»
ДОНЕЦКИЙ ФИЛИАЛ ГЭИ МИНПРИРОДЫ УКРАИНЫ
ГУП ЭКОТЕХПРОМ



Сборник трудов VIII международной научно-практической
конференции-выставки
“ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ
МЕГАПОЛИСОВ”

Юбилейный выпуск

90 лет Донецкому национальному техническому университету

30-31 мая 2011 года
Донецк

УДК 330.15

Э-40 Экологические проблемы промышленных мегаполисов: Сборник трудов международной научно-практической конференции. Донецк 30 – 31 мая 2011., – Донецк, ДонНТУ Министерства образования и науки Украины, 2011- 259 с.

ISBN 966-508-311-2

Доклады ученых и специалистов по проблемам экологической политики в промышленных мегаполисах, экологической безопасности в базовых отраслях промышленности, создания оборудования экологически чистых технологий, оценки техногенного риска, экологического аудита и экологического менеджмента, охраны воздушного и водного бассейнов, управления твердыми промышленными и бытовыми отходами, экологического мониторинга и высшего экологического образования.

Для специалистов народного хозяйства, ученых, преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений.

Доповіді вчених і фахівців із проблем екологічної політики в індустріальних мегаполісах, екологічної безпеки в базових галузях промисловості, побудови обладнання екологічно чистих технологій, оцінки техногенного ризику, екологічного аудиту і екологічного менеджменту, охорони водного та повітряного басейнів, управління твердими промисловими і побутовими відходами, екологічного моніторингу та вищої екологічної освіти.

Для фахівців народного господарства, вчених, викладачів, аспірантів і студентів вищих навчальних закладів.

Редакционная коллегия:

д.т.н. Минаев А.А., д.т.н. Баранов Д.А., д.т.н. Власов Г.А., д.т.н. Башков Е.А., к.т.н. Веретельник С.П., д.х.н. Высоцкий Ю.Б., д.т.н. Генералов М.Б., д.т.н. Королев В.П., д.т.н. Костенко В.К., к.т.н. Панасенко А.И., д.т.н. Парфенюк А.С., к.т.н. Топоров А.А., д.х.н. Шаповалов В.В.

СЕКРЕТАРИАТ

Топоров А.А. – ответственный секретарь конференции, к.т.н., доцент;

Лунева О.В. – к.т.н., доцент;

Кутняшенко А.И. – ассистент кафедры МАХП (ДонНТУ);

Кирбаба В.В. – нач. экологического отдела ПАО АКХЗ.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Аверин Г.В., д.т.н., проф. (ДонНТУ); Башков Е.А., д.т.н., проф., проректор (ДонНТУ); Беломеря Н.И., к.т.н., проф. (ДонНТУ); Беренгартен М.Г., к.т.н., проф., проректор (МГУИЭ); Бондарцов В.Д. директор (ОАО "Институт ЮЖНИИГИПРОГАЗ"); Булавин А.В., к.т.н., доц. (ДонНТУ); Бутузова Л.Ф., д.х.н., проф. (ДонНТУ); Веретельник С.П., к.т.н., проф. (ДонНТУ); Волкова Т.П., д.т.н., проф. (ДонНТУ); Высоцкий С.П., д.т.н., проф. (ДонНТУ); Высоцкий Ю.Б., д.х.н., проф. (ДонНТУ); Генералов М.Б., д.т.н., проф. (МГУИЭ); Гонопольский А.М., д.т.н., проф. (ГУП «ЭКОТЕХПРОМ»); Даниленко Н.В., к.т.н., доц. (МГУИЭ), Джюра С.Г., к.ф.н., доц. (ДонНТУ); Зубов Д.В., к.т.н., доц., начальник Управления по науке и инновационным технологиям (МГУИЭ); Караченцев Е.М., зам. гл. инженера (ОАО "Институт ЮЖНИИГИПРОГАЗ"); Катыльмов А.В., д.т.н., проф. (МГУИЭ); Кауфман С.И., гл. инженер (ОАО Авдеевский КХЗ); Кишкань Р.В., помощник первого заместителя Донецкого городского головы; Клевлеев В.М., д.т.н., проф., проректор (МГУИЭ); Коломийцев В.В. гл. инженер (ОАО "Институт ЮЖНИИГИПРОГАЗ"); Королёв В.П., д.т.н., проф., директор (ДЦТБ); Костенко В.К., д.т.н., проф. (ДонНТУ); Кочура В.В., к.т.н., доц. (ДонНТУ); Левшов А.В., к.т.н., проф., проректор (ДонНТУ); Навка И.П., к.ф.н., проф., проректор (ДонНТУ); Николайкина Н.Е., к.т.н., проф. (МГУИЭ); Панасенко А.И., к.т.н., проф. (ДонНТУ); Парфенюк А.С., д.т.н., проф. (ДонНТУ); Похмурский О.И., д.т.н., проф., чл. корр. (НАНУ); Романенко Е.П., зам директора (ОАО АКХЗ); Третьяков С.В., начальник государственного управления экологии и природных ресурсов в Донецкой области; Троянский А.А., д.т.н., проф., проректор (ДонНТУ); Шаповалов В.В., д.х.н., проф. (ДонНТУ); Шафоростова М.Н. к.н.д.у. (ДонНТУ).

СОДЕРЖАНИЕ

Минаев А.А. Пути обеспечения экологической безопасности в предложениях ученых ДонНТУ	7
Бондарь В.А., Любартович В.А. Экологическая безопасность использования газового топлива в индустриальных мегаполисах	10
Гладышев П.А. Оценка затрат мощности на освещение биомассы в полостных фотобиореакторах для искусственных экосистем	18
Ершов М.А., Муллакаев М.С., Баранов Д.А. Изучение воздействия кавитации на вязкость парафинистой нефти	24
Неманова Е.О., Зеленская Н.В., Русинова Т.В., Горшина Е.С., Бирюков В.В. Поиск эффективного возобновляемого сырья для разработки технологии производства микопротеина	27
Бутюгин А.В., Узденников Н.Б., Гнеденко М.В., Власов Г.А., Кирбаба В.В. Совместная утилизация пород отвалов	30
Sergiy Antonyuk, Stefan Heinrich. Fluidized bed dynamics during particle coating	33
Maksym Dosta, Stefan Heinrich. Solidsim-dynamics – система моделирования технологических процессов твердофазных материалов	42
Клешня Г.Г., Чешко Ф.Ф. Получение добавок к электродному пеку из вторичных продуктов коксохимических предприятий	50
Ярошевский С.Л., Мишин И.В. Использование некоксующихся энергетических углей в доменном производстве	52
Матлак Е.С., Заика Т.И., Заика А.И. Технические и экономические аспекты решения проблемы комплексной переработки шахтных вод в условиях донецкого мегаполиса	61
Королев В.П., Стрелкова А.Ю. Жизненный цикл металлических конструкций и их защитных покрытий	65
Высоцкий Ю.Б., Королев В.П., Кущенко И.В. Коррозия конструкций зданий и сооружений - угрозы и безопасность	67
Терешкина О.С., Малова К.А. Разработка комплексной программы модернизации нефтеперерабатывающих заводов (на примере оао «снпз»)	70
Королев В.П. Экономические аспекты мониторинга коррозионного состояния строительных объектов	73
Малеев В.Б., Скорынин Н.И., Кудрявцев А.А. Обеспыливание шахтного воздуха в подземных условиях	76
Малеев В.Б., Скорынин Н.И., Кудрявцев А.А. Эколого-энергетическое развитие донецкого региона	80
Терешкина О.С., Бобкова Н.И., Малова К.А. Проблемы экологизации российской нефтепереработки	84
Збыковский Е. И., Голубев А. В., Топоров А. А., Дюбанов А. В. Компьютерное моделирование движения охлаждающего газа в камерах сухого тушения кокса	88
Голубев А. В., Збыковский Е. И., Голуб О. Ю. Исследование структуры потока охлаждающего газа для камеры сухого тушения кокса с новым газораспределительным устройством	90
Клевлеев В.М., Минаев Д.С. Определение максимального давления и скорости нарастания давления взрыва нанодисперсных порошков	92
Орлова Е.В., Купрюхина А.В. Алканокисляющая активность микроорганизмов, выделенных из активного ила	97

Парамонов Е.А., Зубов Д.В. Особенности систем вентиляции и кондиционирования для медицинских учреждений	100
Власов Г.А., Кауфман С.И. Метинвестхолдинг. Экологическая ретроспектива Авдеевского коксохимзавода	103
Кирбаба В.В., Кауфман С.И., Малыш А.С., Борисенко А.Л., Герман К.Е. Наилучшие доступные технологии (ВАТ – best available technology) и возможности их внедрения на ПАО «Авдеевский коксохимический завод»	114
Скрипченко Н.П., Чешко Ф.Ф., Банников Л.П. О целесообразности применения стадии очистки смолы от нерастворимых в хинолине веществ при производстве пропиточного пека	120
Вознюк В.Т., Мікульнок І.О. Раціоналізація процесу охолодження екструдованих полімерних труб	122
Караченцев А.Е., Караченцев Е.И. Экологические проблемы, связанные с выделениями шахтного метана и пути их решения	124
Бутузова Л.Ф., Маковский Р.В., Бондалетова В.А., Ветров И.В., Бутузов Г.Н. перспективы коксования химически модифицированных шихт на основе сернистых углей	127
Бутузова Л.Ф., Маковский Р.В., Кулакова В.О., Бутузов Г.Н. Исследование продуктов полукоксования угольных шихт с повышенным содержанием серы	131
Бондаренко И.В. Новое предложение в системе транспортировки отходов	135
Топоров А.А., Акусова А.А., Тихоненко Е.П., Ангельев Ф.А. К расчету теплового режима трубчатой печи	139
Топоров А.А., Боровлев В.Н., Холодов В.Е., Котляров И.А. Анализ условий работы оборудования пекококсового блока	147
Парфенюк А.С., Кутняшенко А.И., Тасиц Д.И., Веретельник С.П., Костина Е.Д. Возможность эффективной переработки ПБО на коксохимических заводах Украины	151
Парфенюк А.С., Сокур А.А., Antonyuk S., Heinrich S., Salikov V. Защита аппаратуры для гранулирования мелкодисперсных материалов от вредного влияния угольной пыли и вязких связующих на стадии проектирования	156
Крутько И.Г., Комаров А.С., Кипря А.В., Семченко С.А. О возможности переработки головной фракции сырого бензола реagentным методом	161
Парфенюк А.С., Карпенко Е.И., Антонюк С.И., Саликов В., Хайнрих Ш. Анализ факторов, оказывающих влияние на агломерирование частиц	168
Топоров А.А., Алексеенко Е.А., Костерова В.Ю. Анализ условий работы первичного газового холодильника	174
Веретельник С.П., Коробко Ю.В. Защита воздушного бассейна на предприятиях силикатной промышленности	184
Полянский Д.В., Парфенюк А.С. Эффективное использование шлаковых отходов производств	188
Alekseeva O.E., Grezhdier D.M. Features of security equipment maintenance man-caused by recycling energy materials.	193
Кутняшенко Ю.И., Парфенюк А.С. Анализ возможностей эффективного использования и очистки воды в условиях экодому	196
Минакова А.А., Парфенюк А.С. Возможности эффективного энергообеспечения экодому	200
Павленко В.С., Парфенюк А.С. Аанализ возможностей эффективного обеспечения вентиляции и теплоизоляция, снижения теплотерь экодому	203

Топоров А.А., Выпирайко Д.В. Комплексная подготовка природного газа к транспортировке	206
Третьяков П.В., Воропаева Н.И. Влияние технического состояния огнеупорной кладки коксовых печей на экологическую обстановку в коксовом цехе и в целом на производстве	215
Топоров А.А., Воропаева А.И. , Перспективные направления совершенствования конструкций оборудования для сушки дискретных материалов	219
Топоров А.А., Андреева Д.Ю. Перспективные направления совершенствования оборудования для разделения и обезвоживания дискретных материалов	226
Топоров А.А., Харченко М.А. Получение полезных веществ из природного газа	236
Alekseeva O.E., Andreeva D.J., Parfenyuk A.S. Probabilistic approach to coke-oven large-block concrete brickwork strength calculation	243
Alekseeva O.E., Tretijakov P.V., Minakova A.A. About change of tightness emission-hazardous assemblies of thermal units	247
Парфенюк А.С., Кутняшенко Ю.И., Андреева Д.Ю. Экологическое воспитание – всеобщая проблема Украины	251
Тараман А.Д. Запрошуємо мешканців індустріальних мегаполісів до мальовничого куточку Донбасу	255

ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРЕДЛОЖЕНИЯХ УЧЕНЫХ ДОННТУ

Минаев А.А.

Донецкий национальный технический университет

Разрешите приветствовать Вас, уважаемые участники конференции, коллеги!

Наша экологическая конференция, уже восьмая по счету, проходит в дни юбилейного торжества для нашего университета и мы признательны Вам за такое активное участие в наших праздничных мероприятиях. Большое Вам спасибо!

Учитывая экологическую направленность конференции, считаю необходимым обратить Ваше внимание на важные, по моему мнению, предложения, имеющиеся в арсенале ученых нашего ВУЗа и представляющих практический и научный интерес.

Актуальные вопросы экологической безопасности энерго- и ресурсосбережения, использования отходов горного, химического и металлургического производства и защиты среды от выбросов энергетики и других загрязнений окружающей среды всегда в поле внимания и решаются многими кафедрами университета. Эти разработки отличаются высокой экономической эффективностью, а многие из них находят своё применение в промышленности уже сегодня.

Общеизвестно, что мировая цивилизация порождает разнообразные по составам и все нарастающие по объемам твердые промышленные и бытовые отходы, которые оказывают наиболее губительное влияние на природную среду и человека, и являются весьма значительным фактором экологического кризиса для всей планеты.

Влияние огромных скоплений твердых отходов на природу можно наблюдать и на больших территориях Украины. Особенно заметно их разрушительное воздействие в промышленных мегаполисах, к которым, безусловно, относится Донбасс – общепризнанная зона экологического бедствия. На одну Донецкую область, имеющую 4% площади, приходится треть всех вредных газопылевых выбросов Украины, а общие объемы ежегодного накопления на свалках твердых промбытотходов в Украине превышают аналогичные суммарные показатели стран Западной Европы в 3-3,5 раза. При этом хочу заметить, что в Германии складирование на полигонах твердых отходов, содержащих горючие составляющие более 5%, вообще полностью запрещено с 2005 года.

Расчетный годовой объем бытовых отходов для Донецка составляет более одного миллиона кубометров мусора, и сегодня свалки переполнены или близки к этому, а переработки твердых отходов практически нет. Следовательно, приходится считаться с тем фактом, что в ближайшее десятилетие объемы накопления ТБО будут и дальше возрастать. Сжигание таких огромных количеств отходов экологически опасно и экономически неэффективно. Замечу, что в ДонНТУ есть интересное решение проблемы твердых отходов – технология крупномасштабной комплексной переработки смеси бытовых и промышленных углеродистых отходов на базе процессов термической деструкции в печах, аналогичных коксовым на существующих коксохимзаводах. В результате образуется горючий газ, аналогичный коксовому, твердое термолизное топливо, аналогичное коксу и химические продукты.

Промышленный потенциал, способный послужить базой для практического решения проблемы отходов - это привлечение коксохимической промышленности, резервных промышленных мощностей, заводской инфраструктуры, территорий и кадров. Донбасс располагает в этом отношении уникальными возможностями, поскольку здесь имеется более 10 коксохимических заводов, на которых можно реализовать такую переработку.

Заслуживают также внимания работы, отражающие возможности использования огромных запасов породных отвалов, угольных шламов, а также других глинистых отходов для получения глинозема. Породные и золошлаковые отвалы, хвосты углеобогащения (после извлечения или дожигания угля), некоторые металлургические шлаки могут рассматриваться в качестве нового нетрадиционного вида сырья для алюминиевой промышленности.

Породные отвалы и терриконы угольных шахт и обогатительных фабрик, высокосольные шламы углеобогащения, золошлаки теплоэлектростанций, глинистые вскрышные породы, отходы шамотного производства – это экологическая проблема и вторичное сырье. Некоторые отвалы и терриконы самовозгораются и являются одним из источников глубочайших экологических проблем Донбасса. Такие отвалы относятся к малоликвидным или неликвидным отходам, однако, это источник сырья не только для алюминиевой промышленности и реальная перспектива получения из них «вторичного» металлургического глинозема. В них обязательно присутствуют редкоземельные элементы в количествах, перспективных для их коммерческого извлечения. В университете есть целый ряд разработок по этой тематике.

Научные исследования ряда кафедр горного профиля направлены на решение задач очистки и использования шахтных вод, выбора и обоснования технологических решений по использованию вторичных

ресурсов в качестве сырья для народного хозяйства, повышения эффективности природоохранной деятельности на предприятиях. И они готовы к внедрению.

Для здоровья людей очень важно решать задачи по сохранению уголков прекрасной природы Донбасса, созданию более современных систем мониторинга и приборов для контроля состояния здоровья и факторов окружающей среды. Для нашего региона особое значение имеют работы по предупреждению подтопления территорий в окрестности закрываемых шахт и использования шахтных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения Донецкого региона. При этом достигается снижение дефицита питьевой воды.

В области энергетики в нашем университете ведутся разработки вопросов получения экологически чистой энергии путём аккумуляции ветровых энергоресурсов и извлечения геотермальной энергии из выработанных пространств угольных шахт.

Конечно, в коротком докладе я не ставлю задачу затронуть все многообразие разработок и исследований коллектива нашего университета по экологической проблематике. Об этом вы будете говорить на секциях.

В заключение выскажу важную, на мой взгляд, мысль... Становится очевидна необходимость усиления правового регулирования и экономического стимулирования внедрения результатов инноваций в области экологической безопасности. Особой государственной поддержки требуют перспективные разработки, направленные на сохранение природы, разумное использование энергоресурсов и сырья, и безусловное выполнение имеющихся законов, норм и международных соглашений в сфере экологии. Это необходимо для преодоления тяжёлой экологической ситуации, сложившейся сегодня в Украине и особенно в Донбассе. Нам необходимо объединение усилий общества, руководителей разного уровня, ученых, инженеров, производственников и, конечно, творческого участия в этом молодежи, её энтузиазм, творчество и энергия.

Ясно, что решение экологических проблем возможно только в таком комплексе и на основе современных научных достижений и с позиций инженерной экологии, энерго- и ресурсосбережения, экономики, социологии и права при поддержке государственных органов. Нам очень важен и полезен опыт россиян, наших друзей и коллег из Московского государственного университета инженерной экологии, и конечно, богатый европейский опыт. Его на нашей конференции представляют коллеги из Гамбургского технического университета.

Мы очень надеемся на дальнейшее успешное развитие творческих международных связей, чему способствует наша конференция.

Желаю всем участникам конференции творческих успехов в решении важнейших экологических проблем современности!

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА В ИДУСТРИАЛЬНЫХ МЕГАПОЛИСАХ

Бондарь В.А., Любартович В.А.

Московский государственный университет инженерной экологии

Применение природного и сжиженного нефтяного газа в качестве моторного топлива позволяет улучшить экологические характеристики автомобильного транспорта, что особенно важно для крупных городов и таких мегаполисов как Москва.

Транспорт относится к одному из видов загрязнителей атмосферного воздуха. Его доля в общем объеме выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по России составляет около 40%, что выше, чем доля любой из отраслей промышленности. На втором месте по величине выбросов в атмосферу находится энергетическая, а потом цветная, черная металлургия, нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая промышленность, машиностроение, газовая промышленность и другие отрасли.

По видам транспорта выбросы загрязняющих веществ распределяются следующим образом: 87% приходится на автомобильный транспорт, около 8% – на железнодорожный транспорт, 2% – на дорожный комплекс, 2% – на речной и морской транспорт и чуть более 1% – на воздушный транспорт.

Устойчивая тенденция роста численности автотранспорта, находящегося в личном пользовании, особенно заметна на примере Москвы. Так в 1970 г. в Москве было 90 тыс. частных легковых автомобилей, в 1980 г. – 290 тыс., в 1995 г. – 1 млн. 200 тыс., в 2000 г. – 2 млн., в настоящее время – 2,5 млн. В ближайшие лет десять их число превысит 3 млн., это не считая общественного транспорта и автомобилей, прибывающих в столицу из других регионов России.

Токсичность выбросов автомобилей зависит от вида и качества топлива, технологии производства, способа сжигания в двигателе и его технического состояния.

Наиболее неблагоприятными режимами работы являются малые скорости и «холостой ход» двигателя, когда в атмосферный воздух выбрасываются загрязняющие вещества в количествах, значительно превышающих выброс на нагрузочных режимах. Москва по общей площади дорожной сети (30 млн. м²) в 3 раза уступает крупным городам мира, отсюда и пробки, и низкая скорость, что приводит к увеличению выбросов.

Техническое состояние двигателя также непосредственно влияет на экологические показатели выбросов. Экологическое состояние столичного автотранспорта осложняется его износом. Более 65% автомобилей находятся в эксплуатации более 7 лет, 35% – более 8 лет; 75% автомобилей, находящихся в эксплуатации десять лет, имеют технические неисправности.

Токсичность выхлопов отечественных автомобилей в 6 раз выше, чем европейских, и в 10 раз выше, чем американских и японских.

Отработавшие газы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) содержат около 200 компонентов. Период их существования длится от нескольких минут до 4 – 5 лет. По химическому составу и свойствам, а также характеру воздействия на организм человека их подразделяют на группы.

Первая группа. Это нетоксичные вещества (азот, кислород, водород, водяной пар и другие естественные компоненты атмосферного воздуха).

Вторая группа. Это оксид углерода или угарный газ (СО) – продукт неполного сгорания топлива. Оксид углерода обладает отравляющим действием, способен вступать в реакцию с гемоглобином крови, вызывая кислородное голодание, потерю сознания и смерть (рис. 1).



Рисунок 1 - Действие СО на организм человека [1]

Третья группа. В ее составе оксиды азота – NO и NO₂. При высоких концентрациях азота (свыше 0,004%) возникают астматические проявления и отек легких.

Четвертая группа. В эту группу входят различные углеводороды (соединения типа C_xH_y). Углеводороды, наряду с токсичными свойствами, обладают также канцерогенным действием. Особой канцерогенной активностью отличается бенз(а)пирен (C₂₀H₁₂), содержащийся в отработавших газах бензиновых двигателей и дизелей.

Пятая группа. Эту группу составляют органические соединения – альдегиды. В отработавших газах содержатся в основном формальдегид, акролеин и уксусный альдегид. Эти соединения раздражают слизистые оболочки, дыхательные пути, поражают центральную нервную систему.

Шестая группа. Компоненты этой группы – сажа и другие дисперсные частицы. Адсорбируя на своей поверхности бенз(а)пирен, сажа оказывает более сильное негативное воздействие, чем в чистом виде.

Седьмая группа. К этой группе относятся сернистые соединения – серный ангидрид, сероводород, которые имеют место в отработавших газах, когда используется топливо с повышенным содержанием серы. Сернистые соединения оказывают раздражающее воздействие на слизистые оболочки горла, носа, глаз человека.

Восьмая группа. В состав этой группы входят свинец и его соединения. Эти компоненты появляются в отработавших газах при использовании этилированного бензина. Оксиды свинца накапливаются в организме человека, попадая в него через животную и растительную пищу (при загрязнении экосистемы вдоль автодорог).

Из 1000 т загрязняющих веществ, ежедневно попадающих в воздух из выхлопов автомобилей, 200 т угарного газа, 800 т углеводородов и других соединений.

На рис. 2 графически представлена зависимость заболеваний хроническим бронхитом взрослого населения Москвы от численности автопарка города (увеличения заболеваемости в 1,5 раза с 1992 г. по 1998 г.) [2].

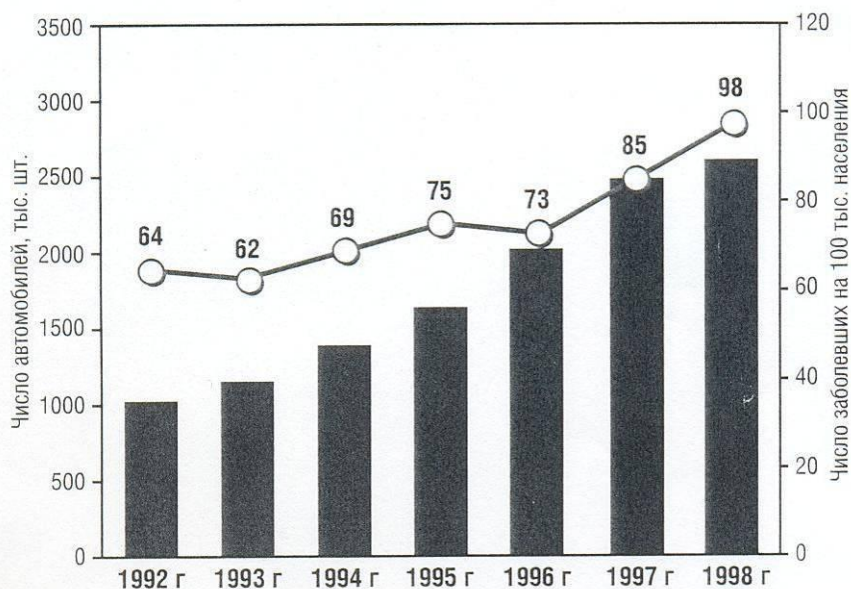


Рисунок 2 - Связь заболеваний хроническим бронхитом с ростом автопарка Москвы

Токсичные выбросы ДВС можно значительно снизить воздействием на процесс сгорания в цилиндре двигателя; нейтрализацией токсичных

веществ в выпускной системе двигателя; переводом двигателя на более экологически чистое моторное топливо.

Основываясь на необходимости сокращения вредных веществ в выхлопах легковых автомобилей, Европейское Сообщество (EU) утвердило интернациональные нормы токсичности отработавших газов EWG 70/200 (Табл. 1).

Автомобильный транспорт, переоборудованный для работы на сжиженном углеводородном газе (СУГ), компримированном природном газе (КПГ) и сжиженном природном газе (СПГ), решает многие проблемы по охране окружающей среды, приносит значительную экономию при его эксплуатации.

СУГ (пропан – бутан) – результат переработки нефти, с одной тонны которой получается примерно 2% этого топлива. Исходя из объема добычи нефти в России 300 млн. т в год, можно вычислить и долю СУГ, которая составляет 5 – 6 млн. т в год.

Таблица 1

Наименование вещества	EURO-1	EURO-2	deplant ab 2000 «D3»	deplant ab 2005 «D4»
Оксид углерода (CO), г/км	2,72	2,20	1,50	0,70
Углеводороды (CH), г/км	-	-	0,17	0,08
Оксиды азота (NO _x), г/км	-	-	0,14	0,07
ΣCH + NO _x	0,97	0,50	0,31	0,15

КПГ (метан), в отличие от пропан – бутана, проще по химическому составу и запасы его в нашей стране составляют более 35% от мировых. Поэтому рациональнее в качестве альтернативного топлива использовать природный газ. Именно на него делает ставку ОАО «Газпром» и Правительство РФ.

СПГ (метан) является криогенной жидкостью с температурой кипения при атмосферном давлении около минус 160 °С (111,7 К). При сжижении объем природного газа уменьшается более чем в 600 раз, следовательно при регазификации одного литра СПГ образуется 600 л (приведенных к нормальным условиям: 20 °С и 760 мм рт. ст.).

Анализ результатов исследований в области определения токсичности автомобилей, работающих на газовом топливе, показывает, что самым экологически чистым моторным топливом является сжиженный природный газ. В продуктах его сгорания содержится меньше оксида

углерода и оксидов азота, чем у КПП из-за более тщательной очистки при его сжижении. На втором месте находится КПП, на третьем – СУГ.

Однако высокая стоимость криогенного оборудования, большое давление, большая масса и габариты баллонов, а также малое количество заправочных станций в настоящее время ограничивают широкое применение СПГ и КПП в качестве моторного топлива в нашей стране. Приоритет остается пока за использованием СУГ из-за низкой стоимости оборудования, большего запаса хода на одной заправке баллона и достаточно разветвленной заправочной сети.

Интересен в этом отношении опыт зарубежных стран. Так Европейская экономическая комиссия ООН 12 декабря 2001 г. приняла резолюцию, предусматривающую перевод к 2020 г. на КПП 10% парка автотранспортных средств Европы (23,5 млн. ед.), для заправки которых ежегодно потребуется 47 млрд. м³ газа. С помощью государственных программ и благодаря инвестициям крупных автомобильных концернов и льгот автовладельцам перевод на природный газ осуществляется достаточно интенсивно. Например, в Германии существенную поддержку программы в финансовом и технологическом планах обеспечивают предприятия газоснабжения страны. Все владельцы автомобилей, использующих КПП и удовлетворяющих по выбросам нормам «Евро-3» (до 31.12.01) и «Евро-4» (с 01.01.02), получают единовременную компенсацию 300 ЕВРО и платят уменьшенный налог на ГСМ.

Мировой парк автомобилей, работающих на КПП, по различным оценкам, насчитывает около 1,5 млн. ед. Наиболее развито использование природного газа на транспорте в Аргентине (более 600 тыс. автомобилей), Италии (более 300 тыс.), США (более 80 тыс.). В Бразилии, Египте, Японии разработаны программы, предусматривающие перевод на природный газ по миллиону автомобилей до 2010 г.

В Аргентине количество автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) превышает 1000 единиц, темп переоборудования – более 6 тыс. автомобилей в месяц, прямые инвестиции в 1999 г. составили 1,7 млрд. дол. США, в газобаллонной отрасли создано 10 тыс. новых рабочих мест.

Всего в нашей стране функционирует около 200 АГНКС, которые принадлежат «Газпрому», а в московском регионе работает 21 АГНКС, находящиеся в собственности «Мосавтогаза». Загруженность АГНКС составляет всего лишь 8%, и чтобы сеть АГНКС была рентабельной необходимо увеличивать ее загруженность хотя бы до 24%.

По экспертным оценкам количество автомобилей на компримированном природном газе в нашей стране на начало 2000 г. превысило 30 тыс. ед.

Опыт эксплуатации автомобилей, работающих на сжатом природном газе, в городских условиях показывает, что при замене бензина СПГ выброс токсических составляющих (г/км) в окружающую среду снижается: СО в 5...10 раз; углеводородов примерно в 3 раза; NO_x в 1,5... 2,5 раза в зависимости от марки автомобиля.

Образующиеся в двигателе при сгорании топлива и масел биологически активные полициклические ароматические углеводороды, включая бенз(а)пирен, при работе на сжатом природном газе ($\alpha = 1,1$) составляют 10% выбросов при работе на бензине. Если исходить из выбросов полициклических ароматических углеводородов, измеренных по ездовому циклу «FTP», то они при работе на природном газе составляют менее 1% в сравнении с выбросами при работе на бензине. Выбросы бенз(а)пирена при работе на природном газе ($\alpha = 1,2$) составляют $0,03 \text{ мг/м}^3$ отработавших газов, что значительно лучше допустимых норм ($0,1 \text{ мг/м}^3$) [3].

При работе автомобиля на сжатом природном газе исключается выброс соединений свинца, образующихся при применении этилированного бензина. Известно, что для людей, живущих около автомагистралей, существует опасность свинцовой интоксикации. Свинец и другие тяжелые металлы аккумулируются в почве, накапливаются в растениях и через растительную и животную пищу попадают в организм человека (рис. 3) [2].

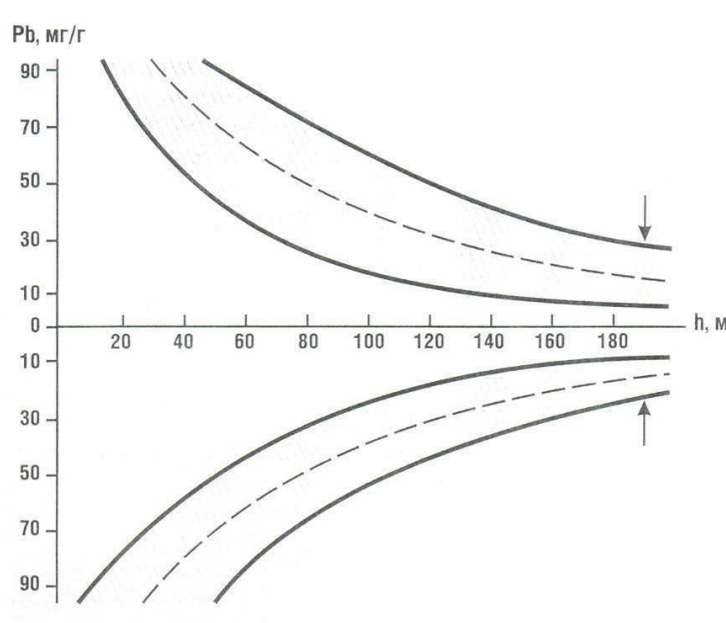


Рисунок 3 - Концентрация свинца в растениях (вверху) и почве (внизу) в зависимости от расстояния h до автострады

При работе на сжатом природном газе резко, в 10... 100 раз, снижаются выбросы токсических веществ, способствующих

возникновению онкологических заболеваний. Кроме того, при использовании газового топлива не требуется применять антидетонаторы (металлоорганические соединения, содержащие Pb).

Несмотря на значительно большие сырьевые ресурсы природного газа, предпочтение в нашей стране сегодня пока отдается СУГ, так как оборудование автозаправочных станций (АГЗС) на порядок дешевле оборудования АГНКС одинаковой производительности по количеству заливок автомобилей. Кроме того, переоборудование автомобилей для работы на СУГ обходится в 3 раза дешевле переоборудования автомобилей для работы на СПГ.

На рис. 4 представлено сравнение количества вредных выхлопов автомобиля, работающего на пропан/бутане, с международными EWG нормами [4].

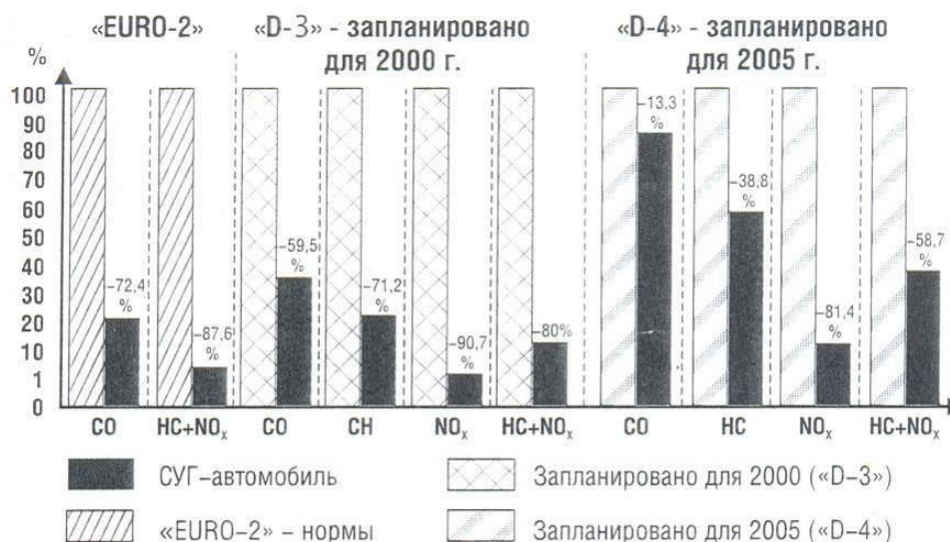


Рисунок 4 - Сравнение количества вредных выхлопов СУГ (пропан/бутан) автомобиля с настоящими и будущими Европейскими экологическими нормами

Из графика видно, что автомобили, работающие на СУГ, уже сейчас соответствуют экологическим нормам «Евро-4» (по CO, HC, NO_x и HC+NO_x показатели газового автомобиля ниже показателей, запланированных Европейскими экологическими нормами на 2005 г.).

На рис. 5 представлено сравнение количества вредных выхлопов бензинового и газового (пропан – бутан) автомобиля.

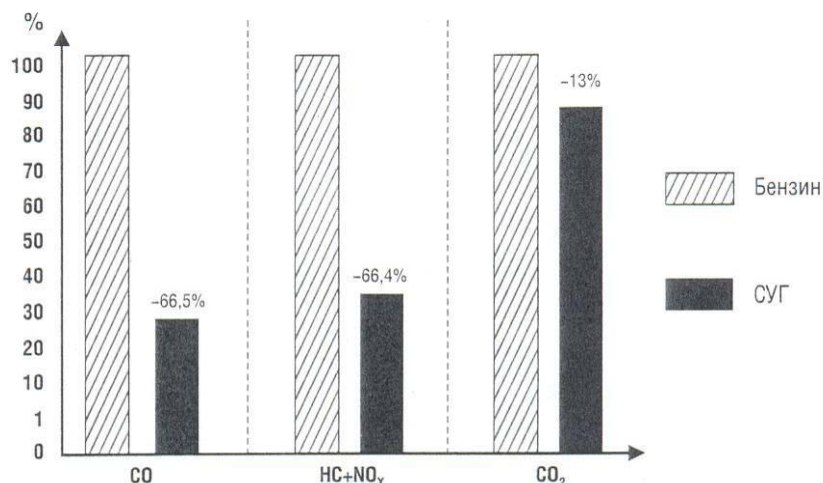


Рисунок 5 - Сравнение количества вредных выхлопов бензинового и газового (пропан – бутан) автомобиля

Основываясь на данном графике, можно сделать следующие выводы:

- CO-показатель газового автомобиля на 66,5% ниже значений бензинового;
- Суммарные значения HC+NO_x газового автомобиля ниже на 60,4%;
- CO₂-значения газового автомобиля на 13% ниже значений бензинового.

Заключение.

1. Внедрение альтернативных видов топлива для автотранспортных средств позволяет заменить традиционные жидкие виды топлива газом. В качестве газового топлива для ДВС используют сжиженный углеводородный газ, компримированный и жидкий природный газ.

2. Наибольшие перспективы использования в качестве альтернативного топлива в нашей стране имеет природный газ, так как Россия обладает более 35% разведанных запасов природного газа.

3. Природный газ уже сегодня может обеспечить ДВС соответствие экологическим нормам «Евро-4».

4. Применение СУГ, КПГ, СПГ в качестве моторного топлива на автомобильном транспорте позволяет существенно снизить токсичность по оксидам углерода, оксидам азота, углеводородам и будет способствовать выполнению требований Комитета по экологической политике Европейской Экологической Комиссии, участником соглашения с которой стала Россия в 1987 г.

5. Применение природного газа в качестве альтернативного топлива в ДВС позволит также сократить «парниковый эффект» и уменьшить его отрицательные последствия для человека.

Список литературы:

1. Болин Б., Десса Д.Р. и др. Парниковый эффект, изменение климата и экосистем. М.: Гидрометеиздат, 1989 г.
2. Давыдова С.Л. Автотранспорт продолжает загрязнять окружающую среду. Журнал «Экология и промышленность России» №7, 2000 г.
3. Ваппер А.А., Гурьев А.А. Производство и применение присадок к топливам за рубежом. Журнал «Дизелестроение» №31, 1987 г.
4. Шнайдер А. Сжиженный газ – преимущественная альтернатива автомобильного топлива. Материалы конференции «Опыт и проблемы использования газа в качестве моторного топлива» по программе 7-й Московской международной выставки «Автокомплекс 2000», М., 2000 г.
5. Бондарь В.А., Любартович В.А. Защита окружающей среды на автозаправочных станциях (комплексах). Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: Материалы международной научно-практической конференции. Донецк - Авдеевка, 2008г., - Донецк

УДК 532.2, 536.6, 665.15.02

ОЦЕНКА ЗАТРАТ МОЩНОСТИ НА ОСВЕЩЕНИЕ БИОМАССЫ В ПОЛОСТНЫХ ФОТОБИОРЕАКТОРАХ ДЛЯ ИСКУССТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Гладышев П.А.

Московский государственный университет инженерной экологии

Рассмотрены проблемы организации освещения полостного фотобиореактора для систем регенерации воздуха в искусственных экосистемах.

Разработка и исследование искусственных экологических систем ассоциируется с решением проблемы обеспечения надежных условий жизнедеятельности экипажей подводных, космических и подземных гермообъектов, исследователей пустынных и высокогорных районов, Арктики и Антарктиды, деятельность которых связана с длительным существованием вне пределов земной биосферы. Для фотосинтетической биорегенерации воздуха и воды в искусственных экосистемах представляется перспективным как использование оранжерей с высшими растениями, так и установок, в которых культурой – регенератором являются микроводоросли.

Одним из ключевых требований, предъявляемым к конструкциям культиваторов для микроводорослей (фотобиореакторов) в данном случае является их компактность. Этим объясняется как стремление к

использованию в реакторах внутренних облучателей, так и предварительный отказ от выносных теплообменников для охлаждения искусственных источников света.

Для освещения биомассы из серийно выпускаемых ламп общего и специального назначения по величине светового потока и спектральному составу света можно рекомендовать металлогалогенные, галогенные и натриевые лампы высокого давления.

Полостные ФБР [1] рассчитаны, в частности, на использование натриевых ламп высокого давления. Этот вид ламп выбран в соответствии с результатами экспериментов по накопительному культивированию хлореллы в полостном ФБР $V_P = 0,01 \text{ м}^3$ [2]. Известно, что при самой высокой доле фотосинтетически активной радиации, натриевые лампы расходуют на нагрев более 90% электроэнергии. Нерешенная проблема отвода тепла приводит к перегреву колбы источника света, снижению интенсивности излучения и преждевременному выходу его из строя.

Для подтверждения необходимости и определения способа отвода тепла проведена оценка степени перегрева натриевой лампы высокого давления ДНат – 400. Температура измерялась при помощи термопары, установленной на колбе лампы. Перегрев ламп, установленных в неохлаждаемый стеклянный кожух при экспозиции $\tau = 1800 \text{ с}$, составил 25% от их рабочей температуры при воздушном охлаждении в условиях свободной конвекции. Это послужило основанием для организации процесса принудительного охлаждения указанных источников света.

Охлаждение источника света, его защиту от загрязнения культуральной жидкостью, а также возможность регулирования спектрального состава света в инфракрасной области обеспечивает вновь разработанное теплообменное устройство из кварцевого стекла (водяной холодильник) [3]. Изготовлен и испытан его экспериментальный образец для охлаждения одной лампы ДНат – 400 в фотобиореакторе объемом $0,01 \text{ м}^3$. Установлены оптимальные температурный и световой режимы работы осветительной системы, обеспечивающие ее надежность и приемлемые для высокопроизводительных термофильных штаммов хлореллы. Определено значение удельного теплового потока q_1 через внутреннюю стенку холодильника, соответствующее оптимальному температурному режиму.

Разработанные в последние годы сверхмощные светодиоды (от 10 до 100 Вт) открывают перспективу радикального изменения подходов к проектированию систем освещения фотобиореакторов. Применение светодиодных облучателей позволяет обеспечить точно требуемый спектральный состав облучения, снизить общие энергозатраты, повысить надежность и прогнозировать трехкратное увеличение срока службы осветительных узлов. Снижение энергозатрат ожидается, в связи с

высокой светоотдачей светодиодных облучателей, а также с реальной возможностью организации высокочастотного импульсного ввода световой энергии в реакционное пространство, позволяющей синхронизировать светоподвод с внутренним циклом реакции фотосинтеза.

В качестве примеров рассмотрим варианты организации освещения полостного ФБР газоразрядными натриевыми лампами ДНат-400 и светодиодами EL-962NW125KB фирмы «E-LED» (Гонконг). Данный тип светодиодов, как и лампа ДНат-400, выбран в соответствии с результатами экспериментов по накопительному культивированию хлореллы в полостном ФБР $V_P = 0,01 \text{ м}^3$. На расстоянии $l_1 = 0,04 \text{ м}$ он обеспечивает освещенность светоприемной поверхности, $E_P = 50 - 130 \text{ клк}$ равную освещенности от лампы ДНат-400.и принятую нами в качестве рабочей [3].

1. Натриевые лампы ДНат-400. Оценка мощности, расходуемой на освещение, для значений полного объема реактора $V = 0,1 \div 3,2 \text{ м}^3$ (см. рис.1).

$$N_{i \hat{N} \hat{A} 1} = W_{\hat{E}} \cdot v \cdot \frac{\pi}{r} \cdot \left(D_P^{1/3} \cdot (1-k)^{1/2} - A + d_{\hat{E}} \right), \quad (1)$$

где $W_{\text{л}}$ – электрическая мощность источника света, Вт; v – число ярусов в осветительном блоке, r – шаг установки источника света, м; D_P – внутренний диаметр реактора, м $D_P = 4V/\pi \cdot m$; m – отношение диаметра высоты реактора к диаметру. Для полостных реакторов принято $m=1$; k – коэффициент заполнения реактора без учета объема осветительного блока; $d_{\text{л}}$ – диаметр колбы источника света, м; $A=(l_1+s+\delta)$ - конструктивная константа, м.

Зависимость мощности, расходуемой на освещение полостного ФБР, от его объема может быть представлена в степенной форме. Для $k=0,5 \div 0,7$ результаты расчетов по выражению (1) удовлетворительно описываются зависимостью (2) со среднеквадратичным отклонением 17%:

$$N_{\text{ОСВ1}} = (40,3 - 36k) \cdot V^{0,95}. \quad (2)$$

Удельный тепловой поток через внутреннюю стенку водяного холодильника, является параметром, значение которого ограничивает ряд объемов полостных фотобиореакторов, подлежащих конструкторской разработке. Условие работоспособности водяного холодильника:

$$q = \frac{K_T \cdot N_{\text{ОСВ1}}}{\pi \cdot b \cdot D_P \cdot \left(D_P (1-k)^{1/2} - 2l_1 \right)} \leq q_1, \quad (3)$$

где K_T – коэффициент теплового действия источника света; b – конструктивный коэффициент увеличения высоты водяного холодильника для его крепления и герметизации в корпусных деталях реактора.

Расчет q по уравнению (3) показывает, что встроенный водяной холодильник обеспечивает соблюдение оптимального температурного

режима работы осветительной системы на основе ламп ДНаТ -400 для $k=0,5$ и $0,6$ в пределах $V = 0,1 \div 0,5 \text{ м}^3$, а для $k = 0,7$ – при $V = 0,1 \div 1,2 \text{ м}^3$. Таким образом, при проектировании реакторов, рабочим объемом более $1,2 \text{ м}^3$, следует предусмотреть выносную систему охлаждения лампового блока. При этом теряется компактность установки и ограничивается применение реактора в условиях искусственных экосистем.

2. Светодиоды EL-962NW125KB относятся к категории сверхмощных. Электрическая мощность $0,02 \text{ кВт}$, рабочая температура от -30 до $+55 \text{ }^\circ\text{C}$. Если шаг установки натриевых ламп r определяется только экспериментально, то для светодиодов он может быть рассчитан геометрически, исходя из паспортного значения угла половинной яркости $2Q/2$. При этом размерами светодиодного источника ($15,0 \times 23,3 \times 7,4 \text{ мм}$) из-за их малости можно пренебречь, приняв $d_L = 0$:

$$r = 2A \cdot \text{tg}(Q/2).$$

Расстояние r_l между ярусами при установке светодиодов в осветительный блок, также определяется величиной угла $2Q/2$. Если в горизонтальной и вертикальной плоскости эти величины принять равными ($r_l = r$), то число ярусов в осветительном блоке

$$v = D_p / r.$$

Таким образом, перепишем расчетное выражение (1):

$$N_{OCB2} = \frac{W_L}{\text{tg}^2 Q(1/2)} \cdot \frac{D_p^{1/3} \cdot \pi}{4A^2} \cdot \left(D_p^{1/3} \cdot (1-k)^{1/2} - 2A \right). \quad (4)$$

Результаты вычислений по уравнениям (1) и (4) для значений объема ФБР $V = 0,1 \div 3,2 \text{ м}^3$ при $k = 0,5 \div 0,7$ представлены на графике (рис. 2). Зависимость мощности, расходуемой на освещение светодиодами EL-962NW125KB, от объема полостного ФБР может быть представлена в степенной форме. Для $k = 0,5 \div 0,7$ результаты расчетов по выражению (4) удовлетворительно описываются зависимостью (5) со среднеквадратичным отклонением 11% :

$$N_{OCB2} = (6,8 - 5,7k)V^{0,8}. \quad (5)$$

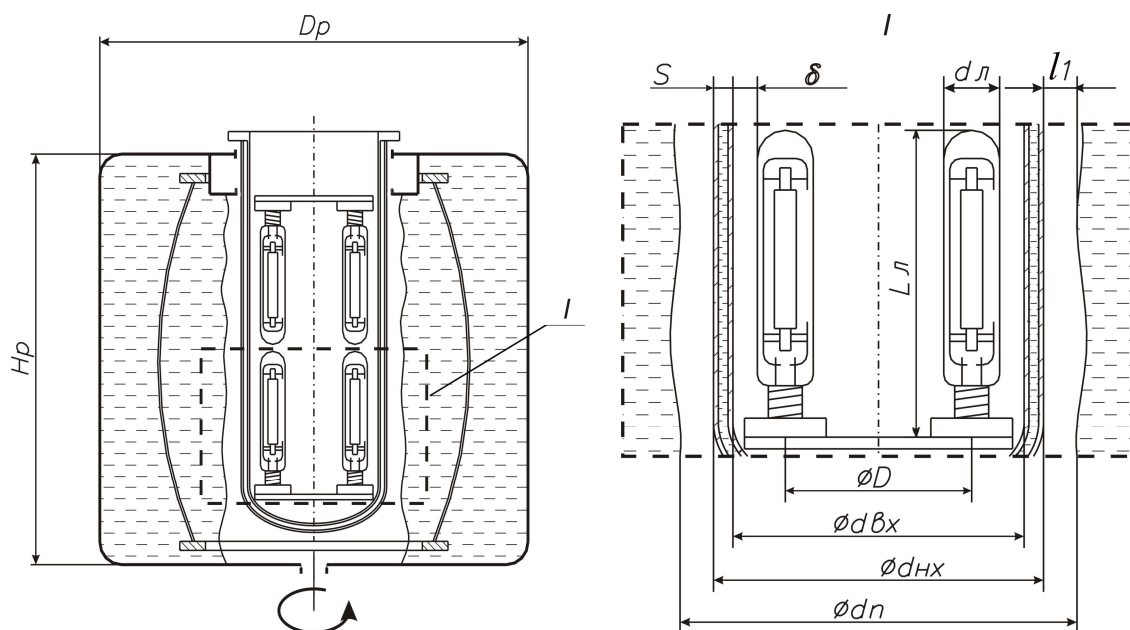


Рисунок 1 - Схема размещения деталей осветительного устройства в рабочем пространстве полостного фотобиореактора

Сравнение результатов оценки энергозатрат на освещение реакционного пространства ФБР /рис.2/ показывает, что использование светодиодов вместо натриевых ламп высокого давления дает экономию электроэнергии в среднем в 5,7 раза. Следует отметить, что энергозатраты на освещение и перемешивание при использовании светодиодов становятся практически одинаковыми [3]. Это открывает перспективу получения ощутимого уменьшения общих энергозатрат при модернизации систем перемешивания полостных реакторов.

Исследование тепловыделения светодиодного источника EL - 962NW125KB показало, что без использования радиатора его перегрев очень высок – в течение 60 с корпус нагревается до 200 °С, т. е. вчетверо превышает значение допустимой рабочей температуры. Нарушение теплового режима может привести к снижению срока службы до 10 раз. В нашем случае можно рекомендовать игольчатые радиаторы фирмы «Лигра» с использованием термокомпанда. При рассеивании мощностей более 15 Вт или при необходимости оптимизации размеров теплоотводящего блока радиатор необходимо дополнить элементом принудительного воздушного обдува.

Наиболее типичное решение – дополнение радиатора вентилятором. Такое решение сравнительно недорого, но ввиду генерации звукового шума может иметь ограниченное использование в условиях искусственных экосистем. Для устранения этого недостатка и еще более значительного уменьшения размеров теплоотводящего устройства может быть применена технология струйного обдува радиатора. Например, выпускаемые

компанией Nuventix струйные системы охлаждения светодиодов при малых размерах и низком излучаемом звуковом шуме обеспечивают тепловое сопротивление 0,75...2,67 К/Вт. Обдув ребер радиатора в таких системах осуществляется импульсными турбулентными потоками воздуха, что эффективнее обдува равномерным потоком [4]. Следует отметить, что необходимость установки обдуваемых игольчатых радиаторов в осветительные системы полостных ФБР может наложить ограничения на конструкторскую разработку реакторов малого объема.

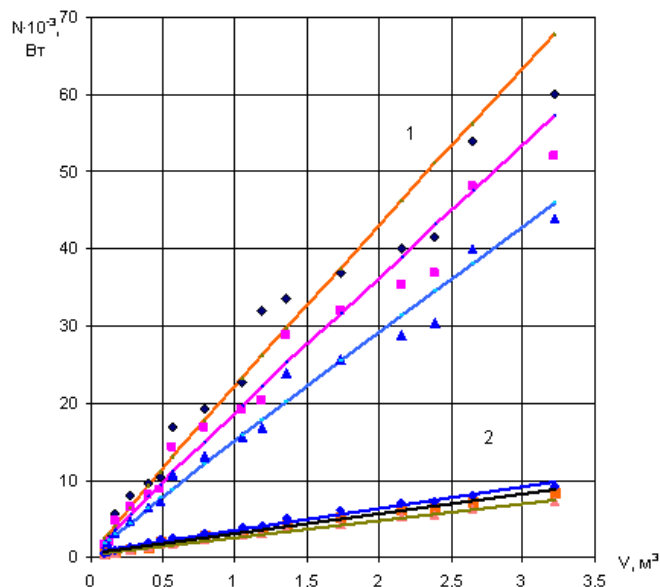


Рисунок 2 - Расчет затрат мощности на освещение (светодиоды EL-962NW125KB) при увеличении объема полостного ФБР: 1- для ламп ДНаТ - 400 при $k = 0,5, 0,6, 0,7$; 2 - для светодиодов EL-962NW125KB при $k = 0,5, 0,6, 0,7$

Список литературы

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 А3, С12М 1/00, А01 G 33/02. Заявка от 09.03.89.
2. Гладышев П.А., Казенин Д.А. Энергозатраты на перемешивание и модульная организация светоподвода в фотобиореакторах для замкнутых экосистем.- в сб. трудов XIX Междунар. науч. конф. «Математические методы в технике и технологиях».- Воронеж, Воронеж. гос. технол. акад., 2006, с. 50-52.
3. Гладышев П.А. Разработка фотобиореакторов для замкнутых экологических систем жизнеобеспечения - Автореф. дис. канд. техн. наук. М., 2007.
4. Староверов К. Системы охлаждения для светодиодов // Новости электроники.- 2008, №17, с. 21-23.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАВИТАЦИИ НА ВЯЗКОСТЬ ПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ

Ершов М.А., *Муллакаев М.С., Баранов Д.А.

Московский государственный университет инженерной экологии ,

*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН

Представлены результаты экспериментальных исследований по кавитационной обработке нефти месторождения Восточный Жетыбай с целью снижения ее динамической вязкости на разработанной опытно-промышленной установке.

В связи с истощением месторождений нефти, активно разрабатываемых в настоящее время, нефтегазодобывающие компании уделяют всё большее внимание развитию методов разработки трудноизвлекаемых нефтей. По мнению отечественных и зарубежных специалистов наиболее перспективными методами воздействия на нефть являются воздействие физическими полями (магнитными, ультразвуковыми, вибрационными и др.).

Использование упругих механических колебаний в нефтехимической технологии является весьма перспективным, обеспечивая интенсификацию технологических процессов, не достижимую с помощью других методов [1].

Задачей настоящего исследования являлась изучение воздействия кавитации и химических реагентов на вязкость нефти месторождения Восточный Жетыбай.

Эксперименты проводились на нефти месторождения Восточный Жетыбай, групповой состав которой представлен в табл. 1.

Таблица 1 - Групповой состав исследуемых образцов нефтей

Месторождение нефти	Динамическая вязкость при 20°С, мПа·с	Содержание, % мас.		
		парафины	смолы	асфальтены
Вост. Жетыбай	575	28,3	19,3	3,8

На основе ранее проведенных лабораторных экспериментов [2] была разработана опытно-промышленная установка производительностью 3 м³/ч, основой которой является гидродинамическая кавитационная камера (ГКК). Аппаратурно-технологическая схема установки представлена на рис. 1.

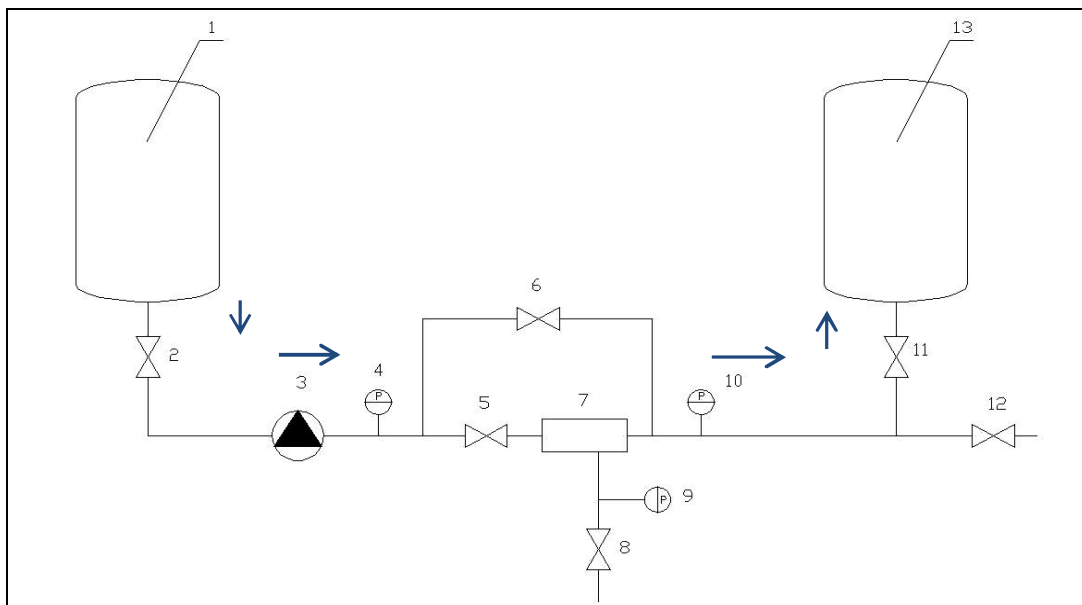


Рисунок 1 - Аппаратурно-технологическая схема опытно-промышленной установки

Из исходной ёмкости 1 с помощью насоса 3 под давлением 80÷120 атм. подается обрабатываемая нефть в гидродинамическую кавитационную камеру 7 (ГКК), вследствие течения которой в рабочей зоне установки устанавливается вакуум, равный давлению насыщения самой легкокипящей фракции при данной температуре. Среда вскипает и образует гомогенную двухфазную среду с диаметрами парогазовых пузырьков 0,1÷4 мкм, которая поступает в камеру смешения. При истечении струи в камеру смешения между стенками канала и границей струи устанавливается сложное вихревое движение паро-газожидкостной смеси, в которой формируются высокочастотные продольные пульсации потока в широком интервале давлений, приводящие к разрушению мицеллярных соединений (ассоциатов), позволяющие снизить вязкость обрабатываемой нефти.

Давление в системе регулируется вентилями 2, 5, 6, 11 и измеряется манометрами 4, 9 и 10. После обработки нефть поступает в приёмный бак 13. Отбор проб осуществляется через пробоотборник 12. В установке предусмотрен аварийный сброс 8.

Динамической вязкость определялась на измерителе низкотемпературных показателей нефтепродуктов ИНПН SX 850 ИХН СО РАН, являющейся ротационным вискозиметром, в котором измеряется крутящий момент при постоянной скорости сдвига – 250 рад/с. Точность измерения температуры пробы составляет $\pm 0,2$ °С, точность определения динамической вязкости – 2%.

Перед измерением вязкости пробу нефти термостатировали при температуре 20°C в течение 30 мин.

В качестве реагента в экспериментах использовался бутилацетат.

Эксперименты по обработке исходной нефти в ГКК без применения реагентов показали снижение значения вязкости нефти на 8 %. Однако со временем значение вязкости обработанной нефти возвращается к исходному значению, что объясняется тем, что мелко раздробленные ассоциаты после обработки нефти в ГКК восстанавливают прежние межмолекулярные связи.

Известно, что введение ароматических углеводородов изменяет молекулярную подвижность групповых компонентов нефтяных дисперсных систем (НДС), что приводит их агрегативной устойчивости и снижению вязкости. Эксперименты с разбавлением нефти 2% мас бутилацетата показали снижение динамической вязкости нефти на 17-19%.

На рис. 2. представлены результаты экспериментов, с разбавлением нефти 2% мас бутилацетата с последующей кавитационной обработкой в ГКК, которые показали снижение вязкости нефти на 35%.

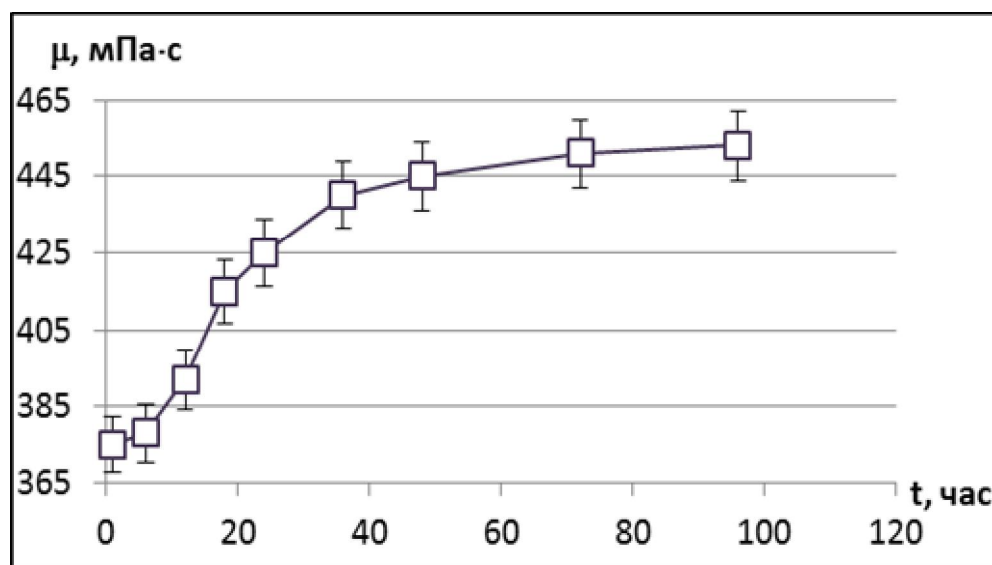


Рисунок 2 - Зависимость динамической вязкости нефти от времени хранения пробы после введения бутилацетата и последующей обработки в ГКК

Последующие измерения динамической вязкости в зависимости от времени хранения пробы показали, что значение вязкости обработанной нефти сохраняются в течение длительного времени (более 5 суток).

Итак, разбавление нефти реагентом с последующей кавитационной обработкой в ГКК, приводит к более значительным результатам по

сравнению с эффектом, достигнутым в результате обработки в ГКК и разбавлением реагентом в отдельности.

Список литературы

1. Новицкий Л.А. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах. М.: Химия. 1983. –с.41.

2. Ершов М.А., Муллакаев М.С., Баранов Д.А. Исследование комбинированного воздействия ультразвука и химических реагентов на реологические свойства вязких нефтей.// Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса (в печати).

УДК 573.6.086.83.001, 573.6.086.83:582.28

ПОИСК ЭФФЕКТИВНОГО ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МИКОПРОТЕИНА

**Неманова Е.О., Зеленская Н.В., Русинова Т.В., Горшина Е.С.,
Бирюков В.В.**

Московский государственный университет инженерной экологии

В статье определено новое основное сырье из числа возобновляемых ресурсов для производства микопротеина – продукты переработки пшеничного зерна (мука и крахмал). Подобраны компоненты питательной среды, в том числе источники азота (нитрат аммония) и ростовые факторы (кукурузный экстракт). Выявлено влияние гидролиза крахмала на накопление биомассы культурой

Обострение экологической обстановки в крупных городах, часто возникающие стрессовые ситуации и малоподвижный образ жизни большинства людей влекут за собой резкое ухудшение здоровья населения. Одним из способов снижения такого пагубного воздействия индустриальных мегаполисов на человека является употребление в пищу продуктов здорового питания, особенно сбалансированных по белку. Одним из наиболее перспективных источников пищевого белка в настоящее время является микопротеин, представляющий собой биомассу мицелиальных грибов, получаемую путем глубинного культивирования. Микопротеин обладает высоким содержанием белка (35-40 % по сумме аминокислот), включает все незаменимые аминокислоты (в том числе лизин), фосфолипиды, витамины, микроэлементы (железо, медь, цинк) и другие ценные биологически активные соединения. 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. При добавлении в продукты питания структурированная волокнистая система мицелиальной биомассы органолептически повышает плотность колбасных и фаршевых мясопродуктов, усиливает действие ароматических и вкусовых добавок. Микопротеин не дает в продуктах собственного выраженного вкуса и запаха, что позволяет сочетать его практически с любыми продуктами. Он может использоваться в качестве заменителя мяса и яиц в дешевых сортах продукции, а также в продуктах для диетического и лечебного питания, например, вегетарианского. Сохраняет свои свойства после термической обработки, например, выпечки хлеба. Микопротеин относится к группе продуктов здорового питания. Не раздражает слизистые желудочно-кишечного тракта, ускоряет их заживление при воспалительных процессах, нормализует липидный обмен в организме, способствует восстановлению нормальной микрофлоры при дисбактериозах, улучшает состояние при пищевых аллергиях, способствует снижению уровня свободных радикалов при стрессах и повышению гемоглобина при железодефицитной анемии.

В СССР была разработана технология получения микопротеина с использованием гриба *Fusarium sambucinum* шт. ВСБ-917, успешно прошедшего все медико-биологические исследования, показавшие безвредность продукта для организма человека и животных по всем требуемым параметрам ВОЗ. Однако используемое по этой технологии сырье (свекловичная меласса) и технологическая схема не отвечают требованиям, предъявляемым к современным биотехнологическим производствам.

Целью данного исследования являлся поиск новых эффективных видов сырья и подбор компонентов питательной среды для разработки технологии производства микопротеина.

В качестве посевного материала использовали культуру *F. sambucinum* ВСБ-917 культивированную 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.

Концентрацию биомассы определяли весовым способом в пересчете на абсолютно сухую массу (АСМ). Последнюю определяли после высушивания образцов в стеклянных бюксах до постоянного веса при 105°C.

Общий азот в биомассе определяли по методу Кьельдаля по ГОСТ 28178-89 и ГОСТ 13496.4-93. При расчете сырого протеина использовали коэффициент 6,25.

При выборе основного субстрата для выращивания штамма-продуцента микопротеина в опыте сравнивали: муку пшеничную, муку ржаную, муку кукурузную, крахмал пшеничный, крахмал картофельный и крахмал кукурузный, а также молочную сыворотку. Также была изучена возможность гидролиза крахмала. В качестве среды для сравнения использовали среду с мелассой по старой технологии. В результате проведения экспериментов было установлено, что наиболее перспективным субстратом являются продукты переработки пшеничного зерна (мука и крахмал), продуктивность на которых составляет 5,5-5,6 г/л (АСМ) в сутки. Предварительный гидролиз сырья позволяет увеличить продуктивность накопления биомассы до 10,5 г/л (АСМ) в сутки. При этом значение массовой доли сырого протеина в биомассе достигает 45%.

С целью изучения влияние различных источников азота на накопление биомассы штаммом-продуцентом микопротеина в опыте сравнивали NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, NH_4NO_3 в сочетании с кукурузным экстрактом и кукурузный экстракт. Источники азота брали в количестве, эквивалентном по азоту, принимая во внимание тот факт, что нитратный азот не усваивается данной культурой. В результате проведения экспериментов было установлено, что максимальное накопление биомассы происходит на среде, содержащей в качестве источника азота кукурузный экстракт, однако, ввиду экономической нецелесообразности применения данного субстрата в промышленных масштабах, оптимальным было принято сочетание NH_4NO_3 и кукурузного экстракта в количествах 2,86 г/л и 10г/л соответственно.

При разработке новой технологии с использованием продуктов переработки пшеничного зерна (муки и крахмала) в качестве основного компонента среды была проведена работа по подбору ростовых факторов для культивирования штамма-продуцента. В опыте сравнивали кукурузный экстракт (как дешевый и доступный), дрожжевой экстракт и автолизат (как возможное сырье, производимое в сопутствующих производствах) и замочную воду, получаемую в процессе производства крахмала из зерна. В результате проведения экспериментов было установлено, что наиболее эффективным источником ростовых факторов для роста культуры является кукурузный экстракт в концентрации 10-15 г/л.

Таким образом, в результате проведения экспериментов выбрано новое основное сырье из числа возобновляемых сельскохозяйственных ресурсов для производства микопротеина – продукты переработки пшеничного зерна (мука и крахмал). Подобраны компоненты питательной среды, в том числе источники азота (нитрат аммония) и ростовые факторы (кукурузный экстракт). Выявлено влияние гидролиза крахмала на скорость роста и накопление биомассы культурой.

Список литературы:

1. Zahra Ahangi, Seyed Abbas Shojaosadati, Houshang Nikoopour, 2008. Study of Mycoprotein Production Using *Fusarium oxysporum* PTCC 5115 and Reduction of its RNA Content. Pakistan Journal of Nutrition 7 (2): 240-243.
2. Hoseyni S. M., Mohammadifar M.A., Khosravi-Darani K., 2010. Production and rheological evaluation of mycoprotein produced from *fusarium venenatum* ATCC 20334 by surface culture method. International Research Journal of Biotechnology Vol. 1(1) pp.013-018.
3. Taghi Miri, Philip W. Cox, Peter J. Fryer, 2003. *In-situ* visualisation of hyphal structure and arrangement in mycoprotein pastes. Biotechnology Letters 25: 295–300.
4. Williamson DA, Geiselman PJ, Lovejoy J, Greenway F, Volaufova J, Martin CK, Arnett C, Ortego L., 2006. Effects of consuming mycoprotein, tofu or chicken upon subsequent eating behaviour, hunger and safety. Appetite. 2006 Jan; 46(1):41-8.

УДК 504.54:547.992

СОВМЕСТНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ПОРОД ОТВАЛОВ

**Бутюгин А.В., Узденников Н.Б., Гнеденко М.В., *Власов Г.А.,
*Кирбаба В.В.**

Донецкий национальный технический университет (ДонНУ), * ПАО
«Авдеевский КХЗ»

В лабораторных условиях проведены модельные опыты по изучению возможности использования пород промышленных отвалов Донецкого региона для совместной утилизации. На примере пород отвалов Авдеевского КХЗ, Докучаевского ФДК, шахтного террикона показана возможность их совместной утилизации при проведении рекультивационных работ.

Донецкая область отличается большим количеством отвалов промышленных отходов, которые различаются разнообразием физико-химических свойств [1]. Так как полная переработка отвалов невозможна по физическим и экономическим причинам, то вынужденной мерой является сочетание методов утилизации (для пород с удовлетворительными физико-химическими и потребительскими качествами) и рекультивации (экологической консервацией отвалов). Утилизация и рекультивация пород данных отвалов требует нейтрализации их от повышенной кислотности, содержания тяжелых металлов, а также

модификации их свойств различными добавками. Вместе с тем, изучение физико-химических свойств пород отвалов, а также их потенциальной биологической плодородности, показывает, что породы отдельных отвалов вполне возможно использовать для совместной утилизации и рекультивации. При этом даже возможно некоторое улучшение ландшафтов Донбасса, в которых имеются многочисленные овраги и идет непрерывный процесс оврагообразования. Овраги можно заполнять смесями пород отвалов, которые взаимно нейтрализуют отрицательные свойства каждой породы.

Цель настоящей работы - изучение возможности использования пород промышленных отвалов Донецкого региона для совместной утилизации и рекультивации.

Указанная цель достигалась в модельных лабораторных опытах с использованием пород отвалов Авдеевского КХЗ (АКХЗ), Докучаевского ФДК (ДФДК), шахтного террикона. Порода АКХЗ представлена кислой породой нижней горизонтальной площадки. Отходы ДФДК представлены двумя разновидностями – «меловой» и «глинистой». Шахтная порода представлена породой одного из терриконов шахты им. Калинина (г.Донецк), на котором только начинаются процессы естественного зарастания. Ранее нами были показаны потенциальные плодородные свойства породы АКХЗ и шахтной породы [2].

В таблице 1 представлены некоторые физико-химические характеристики исследуемых пород.

Таблица 1 - Физико-химические свойства пород

Свойства	Порода			
	АКХЗ	террикона	Докучаевского ФДК	
			«меловая»	«глинистая»
Зольность, %	74,48	88,35	94,75	75,47
рН	3,46	5,26	8,20	8,63

Как видно из данных таблицы 1, имеются четкие различия как в кислотности изучаемых пород, так и их зольности. Большие различия в кислотности позволяют предположить возможность взаимной нейтрализации кислотности пород при смешении. Были составлены смеси пород и проведено изучение

биологических свойств этих субстратов при выращивании травы овсяницы – травы, наиболее пригодной для рекультивации. Выращивание травы проводили в течение 60 суток при искусственном освещении и регулярном поливе, комнатной температуре. Результаты лабораторных модельных опытов представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Влияние состава смеси пород отвалов на выход зеленой массы овсяницы

№№ пп	Содержание породы в смеси, %				Общая зеленая масса, г/м ²	рН* водной вытяжки т:ж=1:5
	АХКЗ	террикон	«меловая»	«глинистая»		
1	77	19,2	3,8	-	-	4,08
2	74	7,4	18,6	-	68,4	4,52
3	67	16,5	16,5	-	65,5	4,65
4	50	25	25	-	709,3	5,27
5	77	19,2	-	3,8	815,0	7,40
6	74	7,4	-	18,6	1015,7	7,81
7	67	16,5	-	16,5	1078,8	7,44
8	50	25	-	25	1150,2	7,72
9	100	-	-	-	0	3,15

Данные таблицы 2 показывают реальную возможность взаимной утилизации пород трех промышленных отвалов путем фиторекультивации.

Список литературы

1. Панов Б.С., Шевченко О.А., Дудик А.М. и др. Современные экологические проблемы Донецкого бассейна // Геофиз.журнал, 2003. — Т. 25. — № 3. — С. 46–60.
2. Бутюгин А.В., Узденников Н.Б., Гнеденко М.В. и др. Рекультивация породного отвала углеобогащения Авдеевского КХЗ // Кокс и химия. – 2009. - №. 3 – С. 39 -44.

FLUIDIZED BED DYNAMICS DURING PARTICLE COATING

Sergiy Antonyuk, Stefan Heinrich

Institute of Solids Process Engineering and Particle Technology, Hamburg
University of Technology, Denickestrasse 15, 21073 Hamburg, Germany

A novel process for coating of aerogel particles in a spouted bed is suggested. Using Discrete Element Method (DEM) the influence of the density and restitution coefficient of experimentally coated aerogels on the fluidized bed dynamics in the developed apparatus was described.

INTRODUCTION

The aerogels are nanoporous materials which show extremely low density, high surface area and excellent insulation properties. However, the limitation of aerogels in a number of applications is their open-pore structure, allowing the penetration of liquids therein. Their structure might be destroyed by contact with water because of capillary forces which are higher than the strength (Antonyuk et al. (1)). This drawback could be overcome by coating of aerogels with a polymeric protection material. In this work the aerogel particles were coated in a spouted bed apparatus. This technology offers the fluidization of small and light or very large particles, which can be non-spherical or sticky with a broad size distribution, Mörl et al. (2).

One objective was to produce the coated aerogel particles with good structural properties. In order to optimize the coating process parameters the particle and fluid dynamics of spouted bed apparatus was investigated by Discrete Element Method (DEM) which is coupled with CFD.

EXPERIMENTAL

Experimental slit-shaped spouted fluidized bed

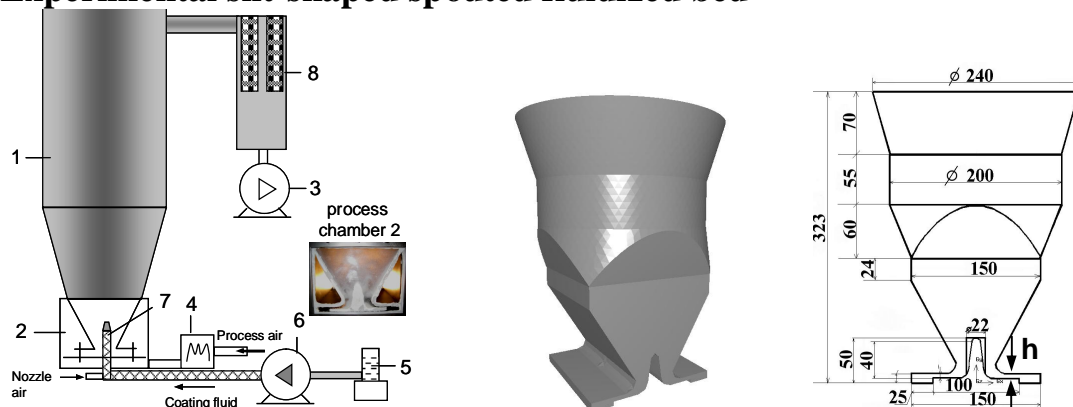


Fig. 1 Experimental spouted bed apparatus for the coating of aerogels (left) and its fluidization chamber (middle and right).

To perform the coating of the aerogels an experimental spouted bed apparatus was built (Fig. 1). The pilot plant has a cylindrical chamber, Item 1, which is connected through a conic part with a prismatic fluidization chamber, Item 2, with two horizontal gas inlets (slots) for adjustable gas supply. The velocity of the inlet air can be varied changing the height of these slots h . The air flow produced from blower, Item 3, can be heated up to 100 °C in a 500 W heater, Item 4. The solution or melt prepared in the vessel, Item 5, was transported in a coated hose using a peristaltic pump, Item 6, and injected in the fluidized bed using a two-component nozzle 7. The nozzle was heated up to temperature of injecting fluid. A fabric filter, Item 8, separates small particles from the exhaust gas. The air temperatures before, after and inside the bed (chamber 2), the temperatures of the liquid and nozzle and pressure drop were measured.

Materials for the Coating Experiments

Fig. 2 shows nearly spherical silica aerogels produced by supercritical extraction of a gel-oil emulsion (Alnaief&Smirnova (3)). The particles with the size ranging from 100 μm to few millimetres and the mean density of 190 kg/m^3 were coated with Eudragit[®] (solution with 25.8 vol-% of the solid material) which provides a pH sensitive release of the drugs.

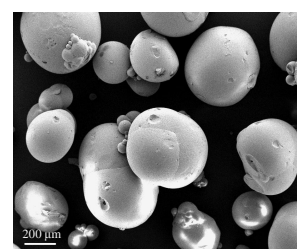


Fig. 2 SEM of produced silica aerogel particles.

Parameter and results of the coating experiments

During the first experiments the high shrinking of aerogels was observed. The droplets of Eudragit solution destroyed the particle surface of aerogel and their size decreased (Antonyuk et al. (1)). The Eudragit layer showed many cracks (Fig. 3). Hence, to avert the breaking of the particles the coating with two materials was carried out. Firstly the PEG 2000 was sprayed in the apparatus forming a protection layer on the aerogel. Thereafter the Eudragit[®] was injected (Fig. 4). The different process parameters were varied during coating experiments and their optimal values were obtained, which are summarised in Table 1.

Table 1. Process parameters of the coating.

Parameter	PEG 2000	Eudragit [®] L
process air mass flow in m^3/h	25-40	25-40
bed temperature in °C	45	21
mass flow of the coating fluid in g/min	20	10
temperature of the coating fluid in °C	95	25
flow rate of the nozzle air in l/min	15-20	15-20
temperature of the nozzle in °C	80	30

Mechanical properties of the aerogels. The mechanical properties characterize the product quality. They are also important parameters in the calculated here DEM model (Antonyuk et al. (4)). The stiffness and breakage properties of aerogel were measured by compression tests (Antonyuk et al. (1)) and presented in

Table 2 for the different sizes (uncoated particles with $d_{50} = 0.7$ mm and two fractions of coated particles with $d_{50} = 0.8$ mm and 3.71 mm with layer thickness of approximately 50 μm).

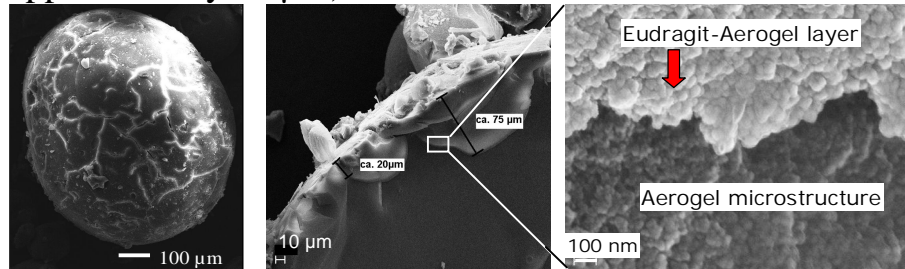


Fig. 3 Aerogel particle coated in spouted bed apparatus with Eudragit® L solutions (left) and the cross section area of the layer (middle and right).

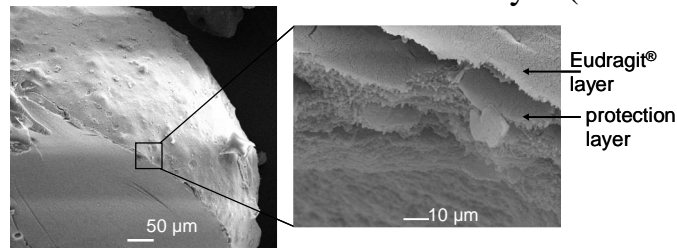


Fig. 4 Cross section area of a silica aerogel particle coated with two layers.

Table 2 Mechanical characteristics of aerogels.

Diameter in mm	Breakage force in N	Strength in kPa	Stiffness in N/mm
0.70 ± 0.14	0.37 ± 0.2	970 ± 0.50	10.3 ± 2.0
0.80 ± 0.12	0.33 ± 0.1	650 ± 460	10.0 ± 3.0
3.71 ± 0.40	0.61 ± 0.2	60 ± 30	3.0 ± 0.6

The aerogels with Eudragit shell show smaller strength in comparison with the uncoated particles. The decreasing of the strength occurs due to damaging of the particle surface by contact with Eudragit®. No significant influence of the shell on the particle stiffness was obtained. With the increasing of the particle size (from 0.8 to 3.7 mm) the strength and stiffness decrease.

The coefficient of restitution e describes the energy dissipation during impact and can be found as a ratio of rebound velocity to impact velocity of the particle. The coefficient of restitution of aerogels before ($d_{50} = 1.5$ mm) and after coating ($d_{50} = 1.7$ mm) was measured with the help of a free fall set-up (Antonyuk et al. (8)): $e_{\text{uncoated}} = 0.6 \pm 0.1$ and $e_{\text{coated}} = 0.4 \pm 0.1$, at the impact

velocity of 1 m/s. They are input parameters for the DEM model, which will be described in the next paragraph.

MODELLING OF PARTICLE AND FLUID DYNAMICS

DPM model. A discrete particle model (DPM) was employed to study the particle and fluid dynamics of spout bed apparatus used for the coating of aerogel. The DPM is a coupling of DEM, which describes the motion of every individual element, and the computational fluid dynamics (CFD), which calculates the gas phase (van Buijtenen et al. (5), Fries et al. (6)). The motion of each particle i can completely be described using Newton's and Euler's laws:

$$m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = -V_i \nabla \bar{p} + \frac{V_i \beta_{g-p}}{1-\varepsilon} (\vec{u}_g - \vec{v}_i) + m_i \vec{g} + \sum_{j=1}^m \vec{F}_{c,j,i}, \quad (1)$$

$$I_i \frac{d\vec{\omega}_i}{dt} = \sum_{j=1}^l \vec{M}_{i,j}. \quad (2)$$

The force balance on the right side of Eq. (1) consists of the force due to pressure gradient, drag, gravity and contact forces by a particle-particle and particle-wall collision, respectively. I_i and ω_i in Eq. (2) are the moment of inertia and angular velocity for particle i . $M_{i,j}$ are the moments generated from tangential contact forces acting on the particle i . The interphase momentum transfer coefficient β_{g-p} is modelled by combining the Ergun equation (1952) for dense regimes ($\varepsilon \leq 0.8$) and the correlation proposed by Wen&Yu (1966) for more dilute regimes ($\varepsilon > 0.8$).

Contact forces between particles are calculated according to a viscoelastic contact model based on the Kelvin-Voigt law with a constant restitution coefficient (Cundall and Strack (7)). The normal and tangential contact forces are defined as follows:

$$\vec{F}_{c,n}^{(ij)} = (k_{c,ij,n} \cdot s_{ij,n} + \eta_{ij,n} \cdot \dot{s}_{ij,n}) \cdot \vec{n}_{ij}, \quad (3)$$

$$\vec{F}_{c,s}^{(ij)} = \min \left[\begin{array}{l} (k_{c,ij,s} \cdot s_{ij,s}^a + \eta_{ij,s} \cdot \dot{s}_{ij,s}) \cdot \vec{t}_{ij} \\ (\mu_{ij} \cdot F_{c,n}^{(ij)}) \cdot \vec{t}_{ij} \end{array} \right], \quad (4)$$

where $k_{c,ij,n}$ and $k_{c,ij,s}$ are the contact stiffness in normal and shear direction, μ_{ij} is the dynamic friction coefficient. The overlap in normal and shear direction is $s_{ij,n}$ and $s_{ij,s}$. $\eta_{i,j,n}$ and $\eta_{i,j,s}$ are the normal and shear damping given as:

$$\eta = \sqrt{4m^* \cdot k_c / \left[1 + \left(\frac{\pi}{\ln e} \right) \right]}. \quad (5)$$

m^* is equivalent mass of contact partners. k_c is the contact stiffness.

The hydrodynamics of the gas phase considered as continuum is calculated using volume-averaged Navier-Stokes equations (6)-(7).

$$\frac{\partial}{\partial t} (\varepsilon \rho_g) + \nabla \cdot (\varepsilon \rho_g \mathbf{u}_g) = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\varepsilon \rho_g \mathbf{u}_g) + \nabla(\varepsilon \rho_g \mathbf{u}_g \mathbf{u}_g) = -\varepsilon \nabla p_g - \nabla(\varepsilon \boldsymbol{\tau}_g) - \mathbf{S}_p + \varepsilon \rho_g \mathbf{g}. \quad (7)$$

Simulations were performed using the commercial simulators EDEM and Fluent.

Simulation parameters. The geometry of fluidization chamber (2 in Fig. 1) is discretized in mesh cells (Fig. 5). The mesh consists of 76.725 tet/hybrid cells with an interval size of 0.008 and minimum volume of 4 mm³. The air with the temperature of 25 °C, density of 1.18 kg/m³ and kinematic viscosity of 15.7·10⁻⁶ m²/s was calculated. To describe the effects of turbulent fluctuations of velocities on the pressure drop of the empty apparatus a k-ε model (with the turbulence intensity of 5%) was applied for the calculation which showed good results for the spout beds in CFD simulations of Gryczka et al. (9). The parameters of the DEM model are given in Table 3.

Table 3 Properties of the particles in DEM model.

Parameter	uncoated	coated
diameter in μm	800	820
density in kg/m ³	190	300
stiffness in N/mm	10	10
shear modulus in MPa	6.25	6.25
restitution coefficient	0.6	0.4
friction coefficient	0.8	0.8
rolling friction coefficient	0.01	0.01
number of the particles	150.000	150.000

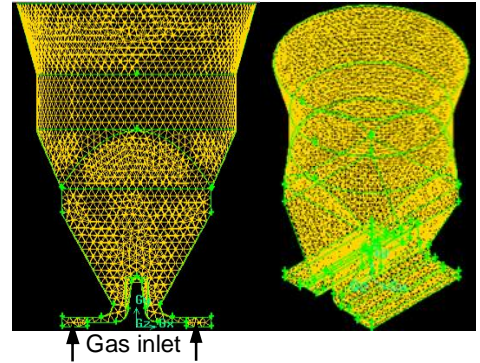


Fig. 5 Mesh of CFD simulation.

The DPM simulations were performed for the dry uncoated aerogel particles and compared with the case of coated particles. The coated particles are significantly heavier than dry uncoated aerogel. Moreover, with the wetting the energy adsorption during impact increases that results in the decreasing the coefficient of restitution (Antonyuk et al. (10)).

SIMULATION RESULTS. First simulations were performed for the empty apparatus without the solid particles. The inlet velocity of the gas was varied in the range of 1-2 m/s. The calculated pressure drop increases with increasing inlet velocity (Fig. 6). The calculated pressure drop predicted well with the experimental measurements that were carried out for the full spout bed apparatus included its cylindrical chamber (Fig. 7). Therefore the predicted values of the pressure drop are smaller than experimental obtained pressure drops. The gas velocity reaches its maximum in the narrow vertical inlet splits

(Fig. 8). This velocity in these zones increases linearly with increasing the inlet velocity (Fig. 6).

Fig. 8 shows the time-averaged flow profiles. The flow starts with a relatively high velocity at the bottom and becomes wider and slower with the height. Due to turbulence, two vortices are arisen that generate the secondary flow moving from the top to down in the near-wall region.

On top of the T-shaped bottom a stagnant air region takes place. The movement and drying of the particles will be reduced in this area. The particles can sink on the bottom, as shown in Fig. 9 (DPM simulation, after real fluidization time of 1.1 s). During coating experiments that leads to sticking of the particles in this region. To overcome this problem, the nozzle can be placed above this zone and the T-shaped element must be produced as knee-shaped.

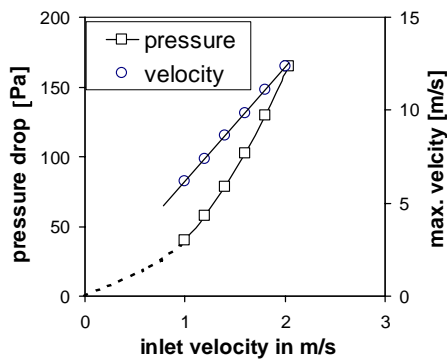


Fig. 6 Calculated pressure drop and maximum gas velocity in the empty apparatus versus the inlet gas velocity.

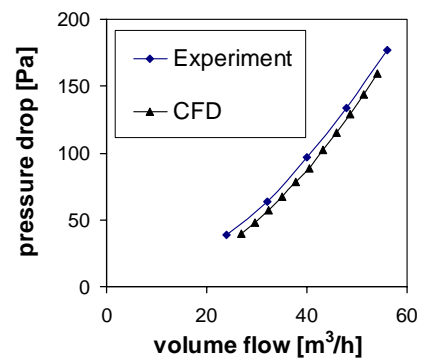


Fig. 7 Comparison of the calculated pressure drop depending on the volume flow of the inlet gas.

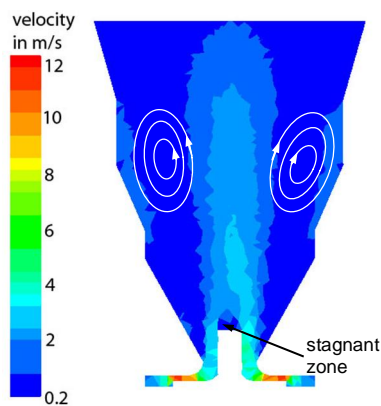


Fig. 8 The plot of time-averaged fluid velocities in the empty apparatus at the inlet velocity of 2 m/s.

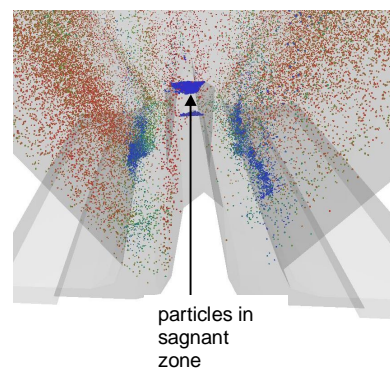


Fig. 9 The particle deposition on the middle profile in the stagnant zone of the gas (see Fig. 8).

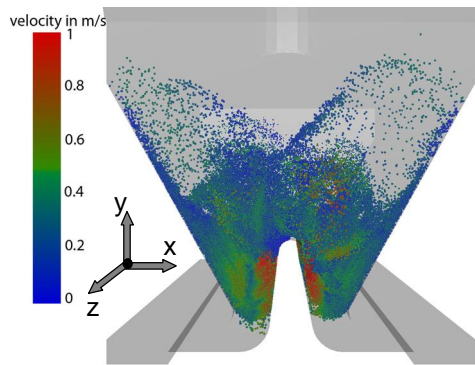


Fig. 10 Instantaneous particle positions and velocity distributions inside the spout bed apparatus (particle density = 190 kg/m^3 , inlet gas velocity = 1.3 m/s).

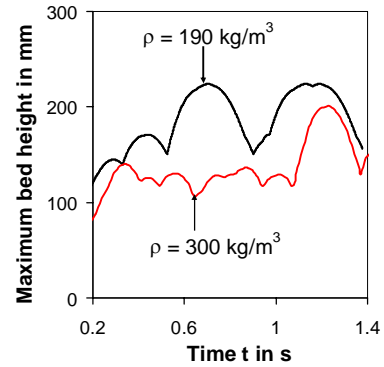


Fig. 11 Influence the particle density on the maximum bed height in the spout bed apparatus (inlet gas velocity = 1.3 m/s).

Fig. 10 shows the instantaneous particle positions in the apparatus. As expected the maximum particle velocity is reached in the spout region. Here the inlet gas accelerates the particles and picks up nearly vertically according to primary flow. The gas velocity is decreased gradual over the apparatus height and leads to decreasing the particle velocity. The particles deviate from vertical air flow and moves downward along the walls. The maximum bed height depends on the gas velocity, particle mass and restitution coefficient. With increasing of the particle mass, the necessary bed height decreases. The Fig. 11 compares the calculated bed heights.

The wet coated aerogel particles showed a lower translation and rotation velocities in comparison with dry and light aerogels (Table 4). Therefore, during the coating process, the inlet gas flow and the velocity must be increased in order to keep constant particle dynamics and to avoid sticking and agglomeration. The obtained distributions of the average particle velocity and impact velocity in spouted bed can be described with a lognormal distribution function, as it shown in Fig. 12. The average particle-particle impact velocity (Fig. 12 right) is about 7 times smaller than the absolute particle velocity at the same simulation time. The mean impact velocity by particle-wall impact is at the average 15 % higher than that by impact of particles.

Table 4 Time-averaged motion parameters.

parameter	uncoated particles	coated particles
maximum bed height in mm	165	130
mean/maximum particle velocity in m/s	0.36/1.62	0.28/1.20
average particle rotation in 1/s	275	226

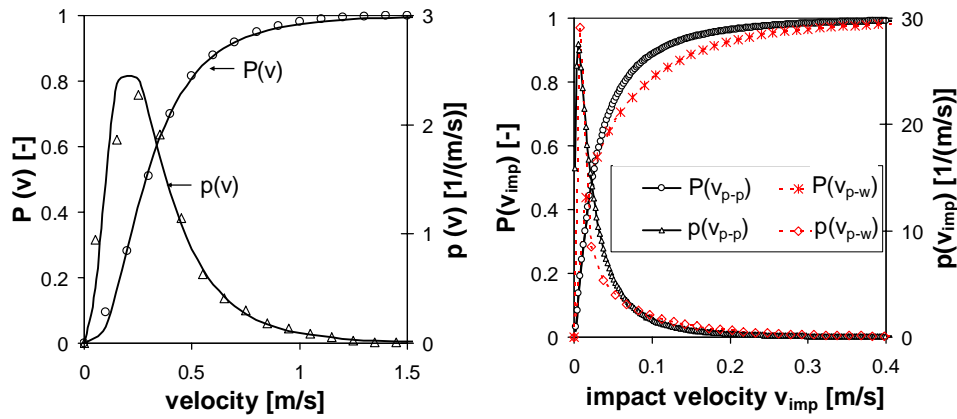


Fig. 12 Distribution function P and its density p for: (left) average absolute particle velocity and (right) relative impact velocity in the spout bed apparatus. (particle density of 300 kg/m^3 ; p-p - particle-particle impacts, p-w - particle-wall impacts).

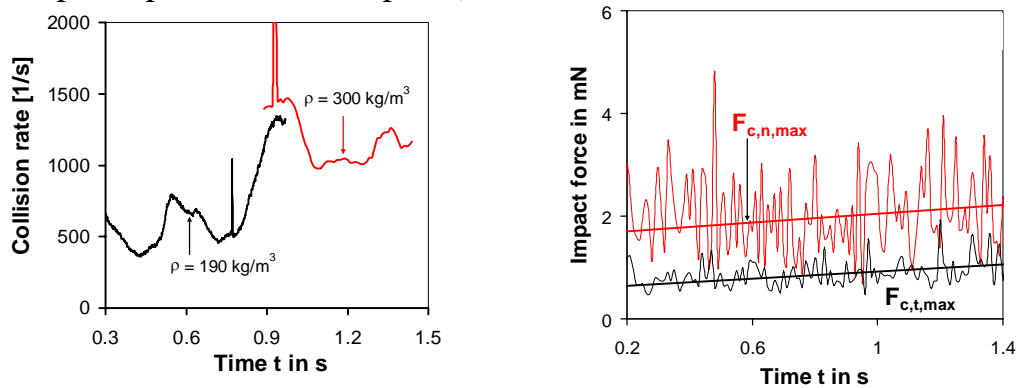


Fig. 13 (left) Collision rate of the particles during the fluidization time, (right) maximal values of the normal and tangential impact forces (particle density of 300 kg/m^3).

Fig. 13 shows the calculated particle-particle collision rates. The fluidized bed of wetted particles shows smaller height and porosity and so higher collision rates than for dry aerogels. The particle collides with another particle almost ten times more frequently than with a wall. The calculated forces acting on the particles during collisions in the bed (Fig. 13 right) are significantly smaller than breakage range of the aerogels (

Table 2). This confirms the experimental fact that no breakage occurs during fluidization of aerogels. The small magnitude of the force can be explained by relative small particle impact velocities in the presented apparatus (Fig. 12).

CONCLUSIONS. The process of coating silica aerogels with pH sensitive polymers was performed successfully in the experimental spouted bed apparatus. To produce a closed Eudragit[®] layer and to avert the shrinking and breakage of the aerogel the particles can be coated with PEG 2000 as protection material.

The DPM simulations showed a high gas velocity in the bottom part of the apparatus and its gradual decrease over the apparatus. The increasing mass and energy dissipation at the contact during the coating decreases the bed height, particle velocities and increases the collisions rate. The average impact velocity in spouted bed can be described with a lognormal distribution function. No breakage of the aerogels was obtained because the impact forces acting in the fluidized bed are significantly smaller than the measured breakage force of aerogel particles.

References

1. Antonyuk, S., Heinrich, S., Alnaief, M. and I. Smirnova: Application of a novel spouted bed process for the drying and coating of silica aerogel microspheres for advanced drug delivery, 17th International Drying Symposium, Magdeburg, 2010.
2. Mörl, L., Heinrich, S., Peglow, M., The Macro Scale I: Processing for Granulation, in Handbook of Powder Technology, Vol. 11, Elsevier Science, (2005), 21-188.
3. Alnaief, M., Smirnova I.: In situ production of spherical aerogel microparticles, J. of Supercritical Fluids 55 (2010) 3, 1118-1123.
4. Antonyuk, S., Palis, S., Heinrich, S.: Breakage behaviour of agglomerates and crystals by static loading and impact, Powder Technology 206 (2011) 88-98.
5. van Buijtenen, M.S., Deen, N.G., Heinrich, S., Antonyuk, S. and J.A.M. Kuipers: A discrete element study of wet particle-particle interaction during granulation in a spout fluidized bed, Can. J. Chem. Eng., (2009), Vol. 9999, 1-10.
6. Fries L., Antonyuk, S., Heinrich, S., Palzer, S.: DEM-CFD modelling of a fluidized bed spray granulator, Chemical Engineering Science (2011), in Press.
7. Cundall, P.A., Strack, O.D.L., A discrete numerical model for granular assemblies. Geotechnique 29 (1979), 47-65.
8. Antonyuk, S., Heinrich, S., Tomas, J., Deen, N.G., van Buijtenen, M.S. and J.A.M. Kuipers: Energy absorption during compression and impact of dry elastic-plastic spherical granules, Granular Matter 12 (2010) (1), 15-47.
9. Gryczka, O., Heinrich, S., Deen, N. van Sint Annaland, M., Kuipers, J.A.M. and L. Mörl: CFD-modeling of a prismatic spouted bed with two adjustable gas inlets, Can. J. Chem. Eng. 87 (2009), 318-328.
10. Antonyuk, S., Heinrich, S., Deen, N.G. and J.A.M. Kuipers: Influence of liquid layers on energy absorption during particle impact, Particuology 7 (2009), 245-259.

SOLIDSIM-DYNAMICS – СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТВЕРДОФАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Maksym Dosta, Stefan Heinrich

Institute of Solids Processes Engineering and Particles Technology, Hamburg
University of Technology, Denickestr. 15, 21073 Hamburg, Germany

1. Введение. Численное моделирование технологических схем представляет собой решение массовых и энергетических балансов, а также вычисление значений основных параметров процесса при различных его конфигурациях. Специально для стационарного моделирования технологических процессов твердофазных материалов была разработана моделирующая среда SolidSim [1]. SolidSim работает по принципу блочно-ориентированного метода моделирования и включает в себя:

- одновременное моделирование жидкой и твердой фазы;
- возможность моделирования схем различной конфигурации без ограничений под определенный тип процесса;
- наличие библиотеки моделей аппаратов, которая может расширяться пользовательскими моделями;
- стандартизированный интерфейс для коммуникации с другими программными системами. В качестве стандарта был использован стандарт CAPE-Open (CAPE-Open Laboratories Network, www.co-lan.org) [2].

Расширение существующей системы для динамического моделирования позволит:

- моделировать переходные процессы при изменении типа производимого продукта;
- осуществлять оптимизацию динамических процессов и их управление;
- вычислять периодические процессы, а также поведение процессов при старте или остановке производственного цикла;
- выполнять анализ чувствительности процесса к различным параметрам.

В представленной работе был выполнен анализ существующих методов моделирования и разработана стратегия вычислений, которая была реализована в системе SolidSim-Dynamics.

2. Метод моделирования

С точки зрения численного моделирования технологических схем могут быть выделены два основных подхода [3]:

- блочно-ориентированный (последовательный, модульный);

- уравнение-ориентированный (параллельный).

В случае использования уравнение-ориентированного метода, из схемы процесса генерируется общая система уравнений, которая в последствии решается как одно целое, как это показано на Рисунке 1. Данный подход может применяться при моделировании моделей открытой формы [4] и может иметь более высокую скорость сходимости по сравнению с блочно-ориентированным методом.

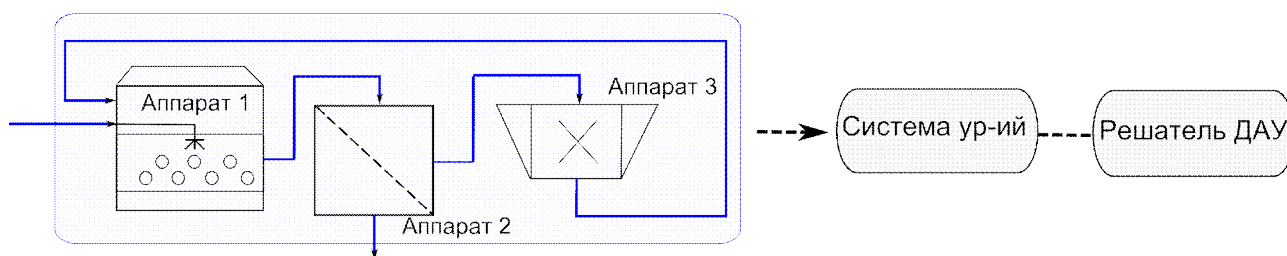


Рисунок 1.-Общая схема моделирования (уравнения-ориентированный метод).

При использовании блочно-ориентированного метода [5], [6] каждая модель вычисляется независимо с использованием отдельного решателя, как это показано на рисунке 2.

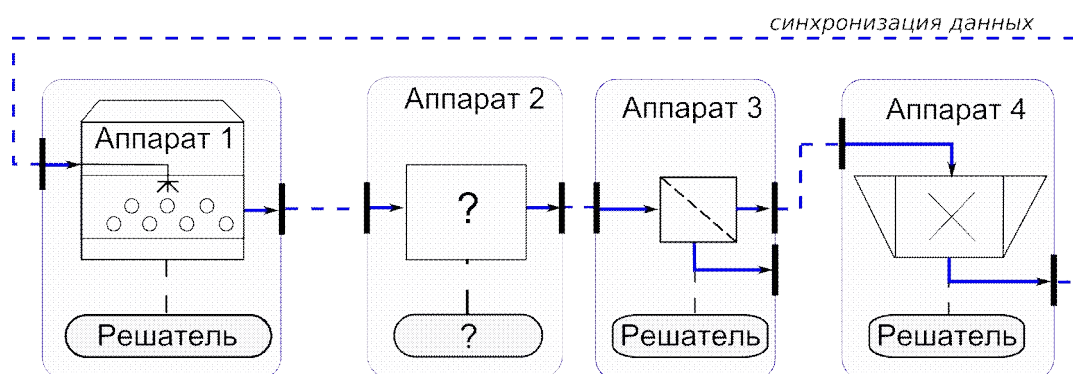


Рисунок 2 - Общая схема моделирования (блочно-ориентированный метод).

Использование блочного метода имеет ряд преимуществ:

- обладает более высокой степенью свободы при составлении схемы процесса. Независимо от структуры модели она может быть добавлена на схему;
- только этот способ может быть использован, в случае отсутствия решателя дифференциальных уравнений, способного вычислить всю схему. Подобная ситуация возникает достаточно часто, так как многие модели описываются с помощью популяционных балансов и сложных интегро-дифференциальных уравнений;

- ведет к более простой процедуре нахождения состоятельных начальных значений [7];

- позволяет параллелизировать вычисления [8]. В этом случае схема разбивается на участки, которые могут быть вычислены параллельно на многопроцессорной системе.

Один из возможных способов реализации блочно-ориентированного метода – использование метода волновой релаксации (ВР) [9]. Основная идея метода заключается в том, что система дифференциально-алгебраических уравнений (ДАУ) разбивается на подсистемы, каждая из которых вычисляется независимо на определенном временном интервале. После чего происходит обмен данными между подсистемами и анализируется сходимость решения. Если решение сошлось, то вычисления могут быть продолжены на новом временном интервале. В противном случае необходимо провести повторные вычисления на предыдущем интервале.

Одним из основных преимуществ метода ВР является то, что различные решатели с различными внутренними шагами вычисления могут использоваться одновременно. В случае гетерогенных процессов, когда существует модели с быстрыми и медленными переходными процессами, применение подобного метода может значительно уменьшить объем необходимых вычислений. С другой стороны сильная взаимосвязь между моделями может замедлить скорость сходимости [10].

3. Алгоритм моделирования

На Рис. 3 изображена блок-схема основного алгоритма вычислений в системе SolidSim-Dynamics.

На первом этапе выполняется процедура вычисления начальных значений. Это итерационный процесс, который повторяется до достижения сходимости. В качестве критерия сходимости используется разность между значениями на предыдущей и текущей итерациями. Пусть $RelTol$ и $AbsTol$ относительная и абсолютная погрешность соответственно, тогда сходимость будет анализироваться на основе следующего уравнения:

$$\|Y_j^{i+1} - Y_j^i\| < \max\{ |Y_j^{i+1}| \cdot RelTol + AbsTol, |Y_j^i| \cdot RelTol + AbsTol \}, \forall j \in [1..N] \quad \text{Ур. (1)}$$

где Y_j^i вектор выходных значение модуля j на итерации i и N – общее число моделей.

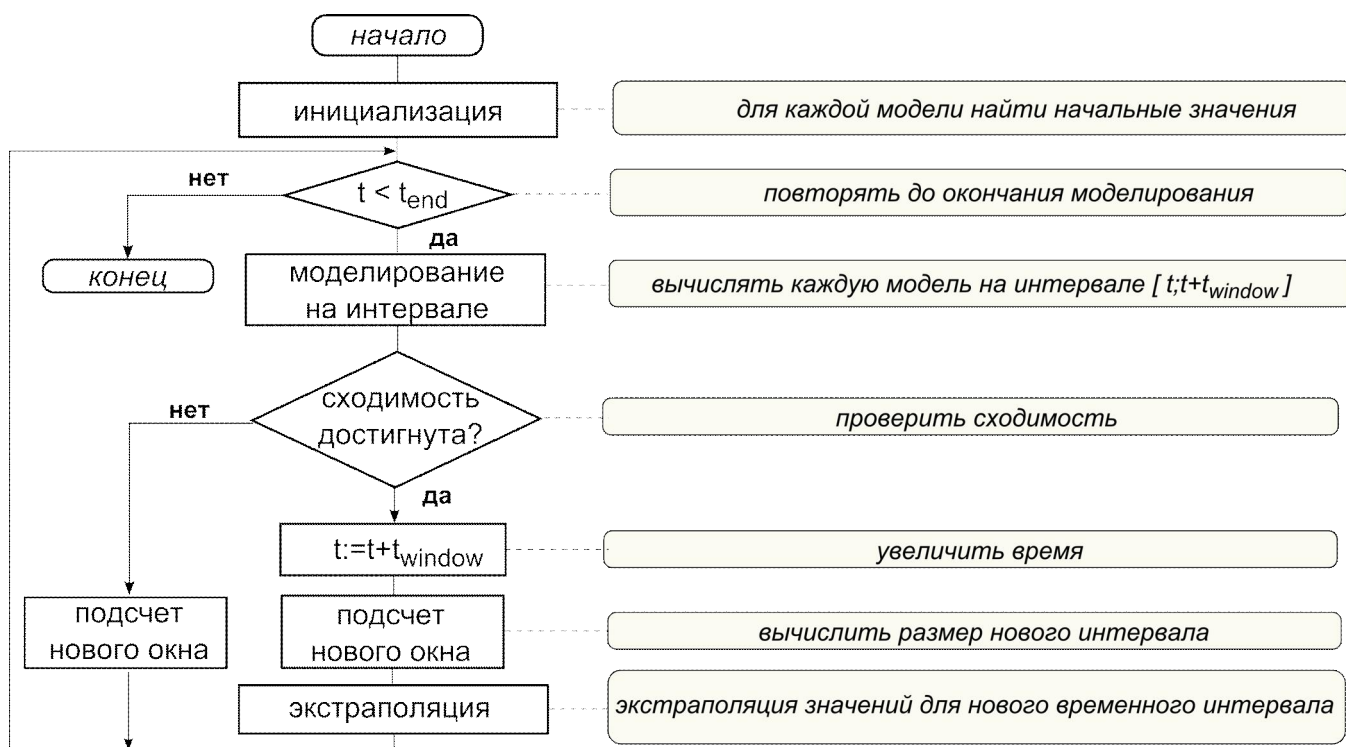


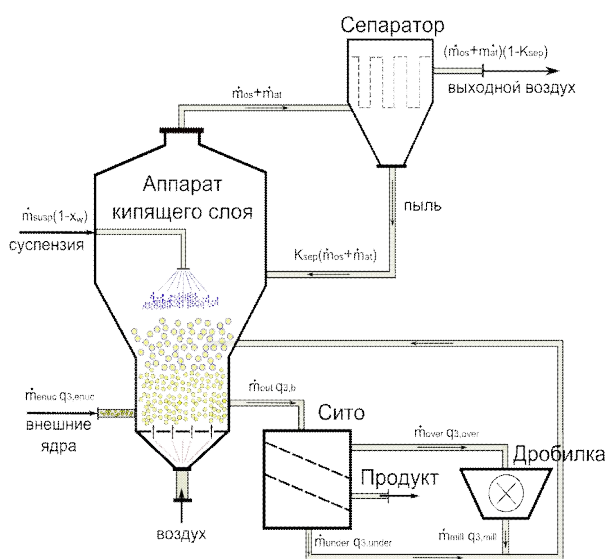
Рисунок 3 - Блок-схема алгоритма вычисления

В основном цикле алгоритма каждая модель вычисляется независимо от других на интервале $[T, T+T_{window}]$. После этого выполняется анализ сходимости.

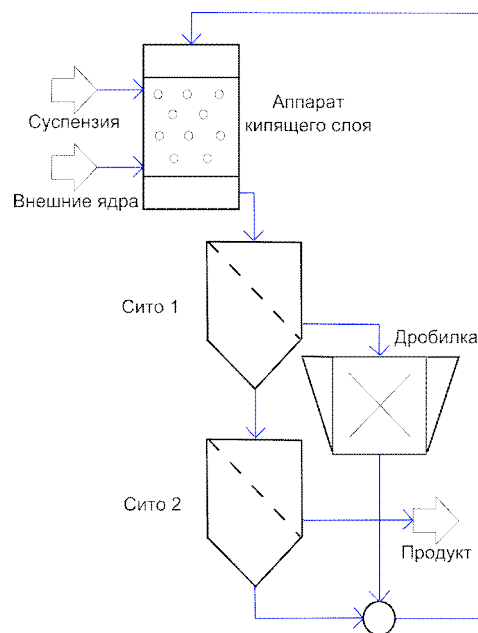
Численное решение систем дифференциальных алгебраических уравнений в SolidSim-Dynamics осуществляется в неявной форме $G(t, Y, Y')=0$ с помощью BDF метода с порядками от 1 до 5 [11].

4. Моделирование процессов грануляции

Для тестового моделирования в системе SolidSim-Dynamics был использован процесс грануляции в аппарате кипящего слоя. Общая схема процесса и его представление в системе моделирования показаны на Рис. 4 [12].



(Исходная схема)



(Схема в SolidSim-Dynamics)

Рисунок 4 - Схема процесса грануляции и его представление в системе SolidSim-Dynamics

Для описания процесса грануляции используется одномерная модель популяционного баланса (ПБ), где в качестве пространственной координаты был использован диаметр частиц. Основное дифференциальное уравнение в частных производных для описания изменения распределения частиц имеет следующую форму:

$$\frac{\partial n_{tot} q_{0,b}}{\partial t} = - \frac{\partial G_e n_{tot} q_{0,b}}{\partial d_p} + \dot{n}_{in} q_{0,in} - \dot{n}_{out} q_{0,out} \quad \text{Ур. (2)}$$

где $\frac{\partial n_{tot} q_{0,b}}{\partial t}$ временное изменение количества частиц,

$-\frac{\partial G_e n_{tot} q_{0,b}}{\partial d_p}$ описывает рост и истирание частиц,

$\dot{n}_{in} q_{0,in} - \dot{n}_{out} q_{0,out}$ входной и выходной потоки частиц.

ПБ в Ур. 2 может быть переформулирован в форму массового распределения:

$$n_{tot} q_{0,b}[i] = \frac{6}{\pi \cdot \rho \cdot d_i^3} M_{tot} \cdot q_{3,b}[i] \quad \text{Ур. (3)}$$

После дискретизации Ур. 3 процесс грануляции может быть представлен как система обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\frac{dM_{tot}q_{3,b}[i]}{dt} = -G_e \frac{M_{tot}q_{3,b}[i] - \left(\frac{d_p[i]}{d_p[i-1]}\right)^3 M_{tot}q_{3,b}[i-1]}{\Delta d} + (\dot{M}_{in} \cdot q_{3,in}[i] - \dot{M}_{out} \cdot q_{3,out}[i])$$

Ур. (4)

где \dot{M}_{in} , \dot{M}_{out} входной и выходной массовые потоки соответственно;

Δd размер класса;

$d_p[i]$ диаметр частиц в классе i ;

G_e скорость роста.

Скорость роста G_e и общая поверхность частиц A_{tot} вычисляются по формулам:

$$G_E = \frac{2\dot{M}_e}{\rho_{solid} \cdot A_{tot}}$$

Ур. (5)

$$A_{tot} = \int_0^{\infty} \frac{6M_{tot} \cdot q_{3,b} \cdot dd_p}{\rho_{solid} \cdot d_p}$$

Ур. (6)

$$d_{32} = \frac{6 \cdot M_{tot}}{\rho_{solid} \cdot A_{tot}}$$

Ур. (7)

где \dot{M}_e эффективный массовый поток и ρ_{solid} плотность частиц.

Основной задачей тестового моделирование была проверка работоспособности программы и правильности полученных результатов. Для этого результаты моделирования были сравнены с ранее полученными результатами [13, 14].

Преыдушие экспериментальные результаты и результаты численного моделирования показали, что свойства дробилки имеют значительное влияние на процесс. В случае мелкого измельчения процесс может иметь нестационарное состояние. На Рис. 5 и Рис. 6 показано изменение диаметра Заутера распределения частиц в случае крупного и мелкого измельчения. Для сравнения результатов на рисунках также отображены результаты полученные в среде Matlab.

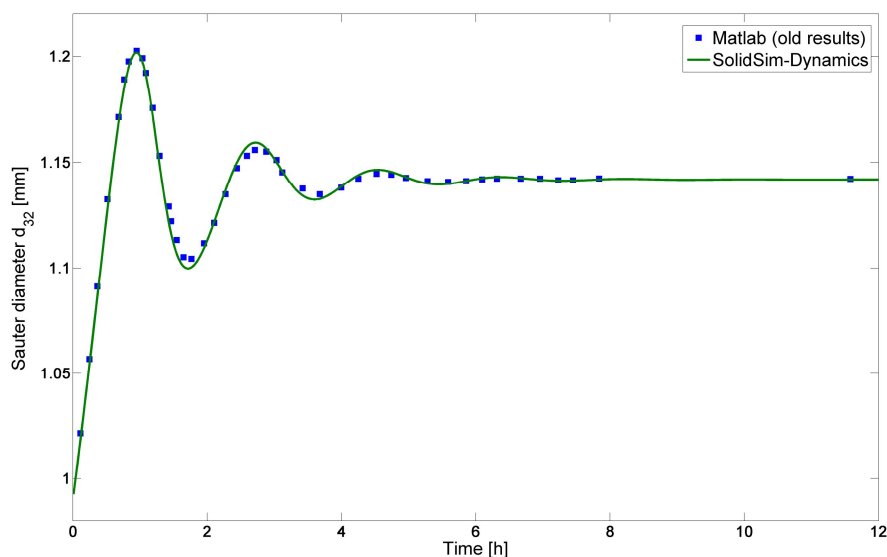


Рисунок 5 - Сравнение результатов моделирования в системах SolidSim-Dynamics и Matlab в случае крупного измельчения

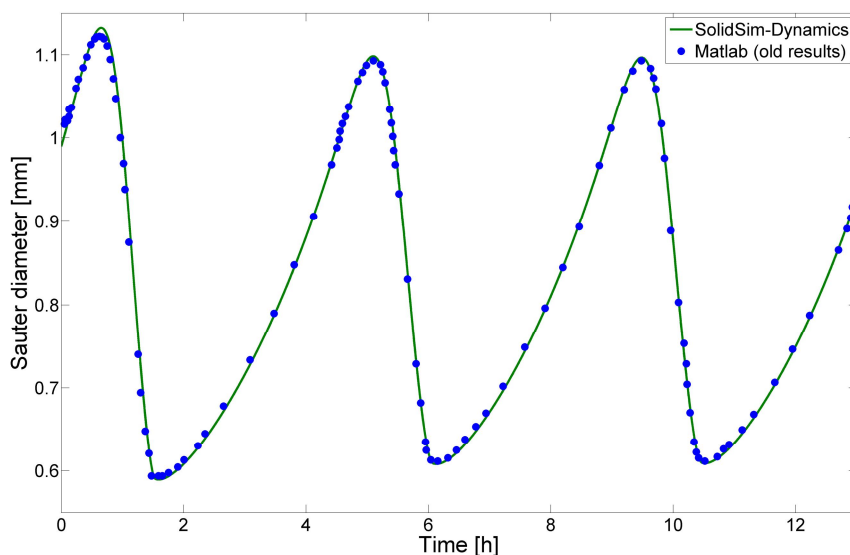


Рисунок 6 Сравнение результатов моделирования в системах SolidSim-Dynamics и Matlab в случае мелкого измельчения

6. Выводы. В данной работе представлены методы моделирования технологических процессов твердофазных материалов. В качестве основного метода моделирования были использованы блочно-ориентированный подход и метод волновой релаксации. Работоспособность системы и правильность вычисляемых значений были проверены на примере моделирования процесса грануляции в аппарате кипящего слоя.

Разработанная система SolidSim-Dynamics включает несколько аспектов:

- параллельное использование динамических и стационарных моделей для описания технологического процесса;
- моделирование нестационарных процессов;
- реализованные методы моделирования позволяют эффективно осуществлять параллелизацию системы;
- возможность расширять библиотеку динамических моделей;
- для вычисления процесса могут быть одновременно применяться несколько решателей.

Список литературы

1. Hartge E.U., Pogodda M., Reimers C., Schwier D., Gruhn G. and Werther J, 2006. Flowsheet Simulation of Solids Processes. KONA No.24, pp. 146-156.
2. Jarke M., Köller J., Marquardt W., vonWedel L., and Braunschweig B, 1999. CAPE-OPEN: Experiences from a standardization effort in chemical industries. Technical report, Lehrstuhl für Prozesstechnik, RWTH Aachen, 1999.
3. Marquardt W., 1991. Dynamic Process Simulation - Recent Progress and Future Challenges, Chemical Process Control CPC-IV. CACHE Publications, Austin, TX, pp 131-180.
4. Shopfer G., Yang A., vonWedel L., Marquardt W., 2004. CHEOPS: A tool-integration platform for chemical process modelling and simulation. International Journal of Software Tools Technology Transfer No. 6, pp. 168-202.
5. Helget A., 1997. Modulare Simulation verfahrenstechnischer Anlagen. Fortschr.-Ber. Dusseldorf: VDI Verlag, 132 p.
6. Hillestad M., Hertzberg T., 1986. Dynamic Simulations of Chemical Engineering Systems by the Sequential Modular Approach. Computers and Chemical Engineering, Vol. 10, No. 4, pp. 377-388.
7. Biegler L.T., Grossmann I.E., Westerberg A.W., 1997. Systematic methods of chemical process design. Prentice HALL PTR, New Jersey, p. 796.
8. Borchardt J., Klaus E., Grund F., Horn D., 1999. Parallel Modular Dynamic Process Simulation. Scientific Computing in Chemical Engineering II, vol. 2, Springer- Verlag Berlin Heidelberg New York, 1999, pp. 152-159.
9. Lelarsmee E., 1982. The Waveform Relaxation Method for Time Domain Analysis of Large Scale Integrated Circuits: Theory and Applications. PhD Thesis, EECS Department University of California, Berkeley, 1982.
10. Dosta M., Mangold M., Kienle A., Svjantjy V., 2008. Parallel Simulation of a Molten Carbonate Fuel Cell System, ESCAPE 18.
11. Ascher U.M., Petzold L.R. 1998. Computer methods for Ordinary Differential and Differential Algebraic Equations. Society for Industrial and Applied Mathematics, 314 pp.
12. Heinrich S., Peglow M., Ihlow M., Mörl L., 2003. Particle population modeling in fluidized bed-spray granulation - analysis of the steady state and unsteady behaviour, Powder Technology 130, pp. 154-161.
13. Radichkov R., Müller T., Kienle A., Heinrich S., Peglow M., Mörl L., 2006. A numerical bifurcation analysis of continuous fluidized bed spray granulation with external product classification, Chemical Engineering and Processing 45, pp. 826-837.
14. Heinrich S., 2001. Modellierung des Wärme- und Stoffübergangs sowie der Partikelpopulationen bei der Wirbelschicht Sprühgranulation, VDI Verlag, 254 p.

ПОЛУЧЕНИЕ ДОБАВОК К ЭЛЕКТРОДНОМУ ПЕКУ ИЗ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ КОКСОХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Клешня Г.Г., *Чешко Ф.Ф.

ПАО «Авдеевский КХЗ», Авдеевка; *УХИН, Харьков, Украина

В последние десятилетия сбыт некоторых видов продукции, традиционных для отечественной коксохимии, утратил стабильность. Ярким примером может служить антраценовая фракция каменноугольной смолы (АФ). В настоящее время потребность в износостойких сортах резины значительно снизилась, что наложило свой отпечаток на ликвидность сырья для технического углерода – в т. ч. антраценовой фракции.

До недавнего времени основным способом утилизации избытка смолистых материалов коксохимического происхождения 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 утилизация вторичных смолоподобных продуктов КХП осуществляется, главным образом, путем их подачи в угольную шихту, идущую на коксование. Наиболее технологичный из способов дозировки смолообразных материалов в шихту был реализован на ПАО «АКХЗ»: подача в углезагрузочный вагон посредством устройства, расположенного под угольной башней. Этот способ выгодно отличается от подачи материалов струей на слой шихты, перемещаемый транспортерной лентой. Однако, испарение утилизируемых материалов при повышенных температурах и в этом случае существенно осложняет экологическую и социальную обстановку в коксовых цехах.

Таким образом, в настоящее время существует острая необходимость поиска новых технологий утилизации вторичных смолистых материалов КХП, не сопряженных с образованием новых отходов.

Одним из направлений решения данной проблемы является разработка на основе АФ и некоторых кислых продуктов химического крыла КХП компаундов, пригодных к подаче в среднетемпературный пек (СТП), идущий на производство электродного пека и пекового кокса. Технология производства подобных компаундов разработана в ЦЗЛ АКХЗ совместно с УХИНОм.

Согласно этой технологии в зависимости от применения различных исходных веществ могут выпускаться два сорта компаундов: САФ1 и САФ2.

САФ2 является присадкой интенсивного воздействия, позволяющей осуществлять термическую обработку СТП без использования барботажного воздуха с активным накоплением высокомолекулярных фракций. В табл. 1 представлены результаты термической обработки СТП в присутствии 2% САФ2 при температурах 280 (числитель) и 330°C (знаменатель). Проба № I – начало изотермической выдержки; №№ II – IV – через каждые 40 мин. изотермической выдержки.

Таблица 1.

Показатели	Номер пробы					
	I	II	III	IV	V	VI
Температура размягчения, °C	82/84	91/86	88/90,5	93/94	93/107	96/112
Массовая доля α -фракции, %	26,5/27,8	28,2/28,4	31,2/29,9	31,1/31,0	32,9/31,2	34,1/33,3
Массовая доля α_1 -фракции, %	7,6/16,2	8,0/15,4	9,2/15,6	8,9/15,3	8,3/17,1	11,5/17,6
Массовая доля α_2 -фракции, %	18,9/11,6	20,2/13,0	22,0/14,3	22,2/15,7	24,6/14,1	22,6/15,7
Выход летучих веществ, %	57,5/58,8	57,9/58,3	56,9/57,4	53,4/56,7	54,6/55,6	54,1/55,4

При температуре 280°C САФ2 обеспечивает более интенсивное накопление α_2 -фракции, чем при более высокой температуре (за счет менее активного образования нерастворимых в хинолине веществ). В то же время, температуру обработки пека, равную 280°C, нельзя признать оптимальной для условий ПАО «АКХЗ». Организация процесса при подобной температуре потребовала бы дополнительных мер по снижению физической температуры поступающего на переработку среднетемпературного пека. Увеличение же температуры термической обработки с участием САФ2 вызывает бурный прирост α_1 -фракции. На основании вышеизложенного данная добавка может быть рекомендована в производстве пекового кокса.

САФ1 является более мягкой присадкой, предназначенной для процесса производства электродного пека.

Таблица 2

Продолжительность обработки, час	3,0
Температура размягчения, °C	92,5
Массовая доля α -фракции, %	30,5
Массовая доля α_1 -фракции, %	8,1
Выход летучих веществ, %	56,0
Массовая доля золы, %	0,25
Массовая доля серы, %	0,52

В табл. 2 представлены качественные показатели пека, полученного путем термической обработки СТП без доступа воздуха при температуре 360°C. Термообработка велась в присутствии 2% САФ1.

САФ1 несколько уступает некоторым методам интенсификации процессов термообработки СТП по скорости прироста температуры размягчения и в сравнении с ними же провоцирует незначительно больший (0,1-0,9%) прирост нерастворимых в хинолине веществ. В то же время специальные исследования показали, что по интенсификации прироста веществ, нерастворимых в толуоле, САФ1 показывает заметный результат – до 9,5% в сравнении со среднетемпературным пеком и до 5,1-1,3% в сравнении с воздушным барботажем и САФ2.

Расширенные исследования химического состава и свойств пеков, полученных с применением САФ [1] показали их пригодность к использованию в качестве связующих для производства анодной массы.

Список литературы

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 669.162.16

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕКОКСУЮЩИХСЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ В ДОМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Ярошевский С.Л., Мишин И.В.

Донецкий национальный технический университет

Предложен способ использования рядовых некоксуемых углей в качестве энергоносителя и восстановителя для производства чугуна. Произведен расчет основных показателей доменной плавки при вдувании горячих восстановительных газов в доменную печь.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Снижение расхода кокса, как основного вида топлива для выплавки чугуна является главной задачей в развитии современной доменной технологии. Кокс составляет 30-50 % от себестоимости чугуна. Для получения кокса используются высококачественные низкзолые коксующиеся угли, запасы которых в настоящее время значительно истощены в Украине, в отличие от запасов энергетических углей с высоким содержанием золы и

серы. Значительная часть коксующихся углей импортируется, в основном из России и Польши. На долю Украины приходится 3,5 % мировых запасов угля [1], которого при существующем уровне добычи хватит на 350-400 лет. Таким образом, необходимо задействовать весь потенциал рядового каменного угля не только в энергетике, но и в металлургии, в частности в доменном производстве.

Анализ исследований и публикаций. Большинство современных доменных печей в мире работает с вдуванием пылеугольного топлива (ПУТ), меньшая часть – с вдуванием природного газа и мазута. К углям, используемым для приготовления ПУТ, предъявляют серьезные требования – низкую зольность (до 10-12 %), низкое содержание серы, а содержание летучих колеблется в зависимости от расхода ПУТ и технологии – 5-40 %. Существующий уровень технологии позволяет вдувать до 250-260 ПУТ кг/т чугуна, что ограничивает возможности замены кокса менее дорогим энергетическим углем. Главной причиной этому является неполная газификация угля в фурменной зоне печи, низкие показатели качества кокса – реакционная способность (CRI) и горячая прочность (CRS). Одним из вариантов решения данной проблемы является получение горячего восстановительного газа из рядовых углей вне доменной печи с температурой 1000-1300 °С и содержанием восстановителей CO+H₂ 85-95% [2, 3].

Преимуществами ГВГ являются:

- отсутствие газификации в фурменной зоне;
- высокая энтальпия вдуваемого топлива;
- высокий предельный расход ГВГ;
- способность стабильно поддерживать тепловое состояние горна доменной печи при меньшей компенсации тепла по сравнению с газообразными (природный, коксовый газ) и жидкими (мазут) углеводородами;
- получение ГВГ путем газификации из дешевых видов углей, отходов, содержащих углеводороды, что определяет их низкую себестоимость;
- возможность вдувания в горн и в шахту доменной печи;
- использование рециркуляционного режима – процесса получения ГВГ путем очистки колошникового газа от диоксида углерода, влаги и других вредных веществ и вдувание в доменную печь. Рециркуляционный режим позволяет полнее использовать восстановительную энергию углерода кокса и дополнительных добавок.

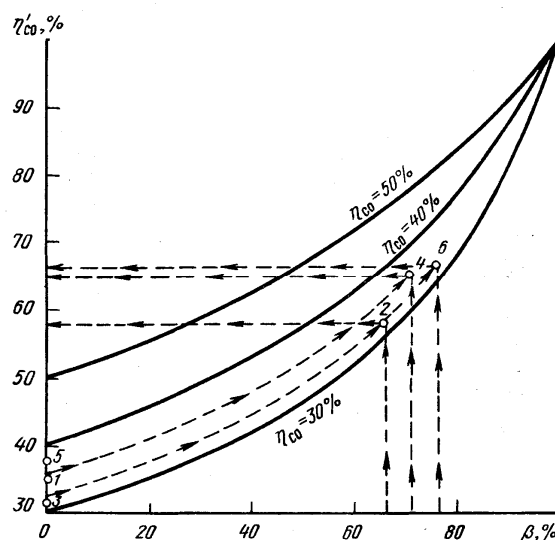
Таблица 1 – Опытные плавки с применением горячих восстановительных газов

Опытные плавки	Год проведения	Дополнительная информация
Франция, г. Кнютанж	1957 г.	Вдувание в верхнюю часть заплечиков, $t_{ГВГ}$ 1200 °С, состав ГВГ, %: 14,5 H ₂ , 12 CO, 5 CO ₂ , 0,5 O ₂ , 66,5 N ₂
Франция, г. Помпей	1961 г.	Паро-кислородный крекинг мазута, $t_{ГВГ}$ 1300 °С, состав, %: 46,1 H ₂ , 46,9 CO, 4,3 CO ₂ , 2,7 N ₂ , 8% углерода мазута не газифицировалось, неравномерное распределение по сечению печи, коэффициент замены (КЗ) кокса 0,7 кг/кг мазута
СССР, МК «Азовсталь», г. Мариуполь	1964-1966 гг.	1 этап: паровая конверсия природного газа, вдувание в горн печи, отдельный подвод ГВГ и дутья, низкая степень использования H ₂ , CO ₂ +H ₂ в ГВГ 3%. 2 этап: вдувание ГВГ через воздушную фурму совместно с холодным природным газом, равномерное распределение по сечению печи, заметное снижение r_d
Россия, Новотульский металлургический завод, г. Тула	1965-1968 гг.	Вдувание ГВГ в горн, конверсия природного газа водяным паром и диоксидом углерода колошникового газа, 3 этапа: 1-2 этап: отдельная подача дутья и ГВГ через разные фурменные приборы, расстройство хода печи и прогар фурм; 3 этап: работа на ГВГ без дутья, снижение r_d до 0,11
Япония, МК «Кейхин»	1958-1960 гг.	Парокислородная конверсия мазута, способ FTG, вдувание ГВГ в шахту печи, снижение r_d до 0,15, КЗ 0,8 кг/кг ГВГ
Япония, г. Хирохата	1970-1971 гг.	Вдувание в шахту, КЗ 0,25-0,3 кг/м ³ ГВГ, состав ГВГ, %: 50 H ₂ , 40,4 CO, 3 CO ₂ , 6 H ₂ O
Бельгия, г. Угрэ	1970 г.	Вдувание ГВГ в шахту, $t_{ГВГ}$ – 1300 °С, состав ГВГ: 48 H ₂ , 29 CO, 2 CH ₄ , 21 % H ₂ O+CO ₂ , сажа 10 г/м ³ , КЗ - 0,147 кг/м ³ ГВГ
Бельгия, г. Серена	1972 г.	Вдувание ГВГ в шахту, состав ГВГ, %: 71 H ₂ , 17 CO, 3 - CH ₄ , 3 CO ₂ +H ₂ O, КЗ – 0,22-0,26 кг/м ³ ГВГ.
Россия, Новотульский металлургический завод, г. Тула	1987-1989 гг.	Вдувание ГВГ в горн, рециркуляционный режим, полная замена дутья ГВГ, расход 665-998 м ³ /т чугуна, $t_{ГВГ}$ -1082-1120 °С, достигнут расход кокса 335 кг/т чугуна, .

Опытные плавки по вдуванию ГВГ в доменную печь проводились в 60-70х годах XX века (таблица 1) [4, 5], но в связи с развивающейся технологией вдувания природного газа и мазута были прекращены.

Из таблицы 1 видно, что вдувание ГВГ в шахту и в горн печи дает неоднозначные результаты и трудно определить эффективность каждого варианта из-за различия технологических условий опытных плавки, различного состава газа, при этом коэффициент замены ГВГ колеблется в значительных пределах 0,14-0,26 кг кокса/м³ ГВГ.

Одним из перспективных направлений развития доменной технологии является рециркуляционный режим, теоретически рассчитанный А.Н. Раммом [4] и реализованный в виде опытных плавков на Новотульском металлургическом заводе. Особый интерес вызывают полученные данные по степени использования газифицированного углерода кокса (рисунок 1).



1, 2 -1987 г.; 3, 4 -1988 г.; 5, 6 – 1990 г.;

Рисунок 1 - Зависимость степени использования газифицированного углерода кокса (z_{CO}) от коэффициента рециркуляции (v) и степени использования оксида углерода в базовые (1,3,5) и опытные (2,4,6) периоды

Из рисунка 1 видно, что с рециркуляцией очищенного колошникового газа теоретически может быть получена 100 % степень использования газифицированного углерода кокса, несмотря на низкую степень использования z_{CO} .

Из недостатков получения ГВГ следует отметить сложность нагрева до температур выше 1000 °С, снижение восстановительной способности газов при повышенном содержании окислителей ($CO_2 + H_2O$) и сажистого углерода, надежность и долговечность фурменного прибора при высоких температурах и содержании в газе соединений (в основном сероводорода), вызывающих коррозию.

Существует три основных способа получения восстановительного газа путем конверсии – кислородная, паровая и уголекислотная, также могут быть варианты сочетания нескольких видов конверсии. Недостаток существующих способов конверсии заключается в использовании дорогостоящих катализаторов, сложности технологии, содержании значительного количества сажи и окислителей.

Нами предложен один из вариантов получения ГВГ путем газификации угля в процессе жидкофазного восстановления Ромелт [6]. Особенностью данной технологии является получение наряду с жидким чугуном ГВГ из наиболее дешевых энергетических углей, объем ГВГ на тонну чугуна составляет 3500-4500 м³. Расчетным путем показана возможность получения восстановительного газа с составом CO+H₂ до 85-90 %, окислителей 4-6 % и температурой 1000-1300 °С [7].

В мировой практике вдувание ГВГ проводилось двумя способами – в шахту (нижняя часть шахты, распар, заплечики) и в горн печи (рисунок 2).

Вдувание ГВГ в шахту позволяет доставлять восстановительный газ непосредственно в зону косвенного восстановления железорудных материалов, при этом выход фурменного газа сокращается из-за снижения расхода кокса, уменьшается скорость газа в зоне когезии и понижается газодинамическая нагрузка в нижней части печи, ГВГ может содержать значительно большее количество CO+H₂, до 10-15 %, в этом случае снижается только восстановительная способность газа. В связи с изменяющейся областью пластичности очень тяжело подобрать горизонт вдувания ГВГ в шахту, температура вдувания ограничивается 900-1100 °С, так как при более высоких температурах происходит взаимодействие углерода кокса с окислителями, при этом следует учитывать реакционную способность кокса – чем она ниже, тем выше может быть температура вдуваемого газа.

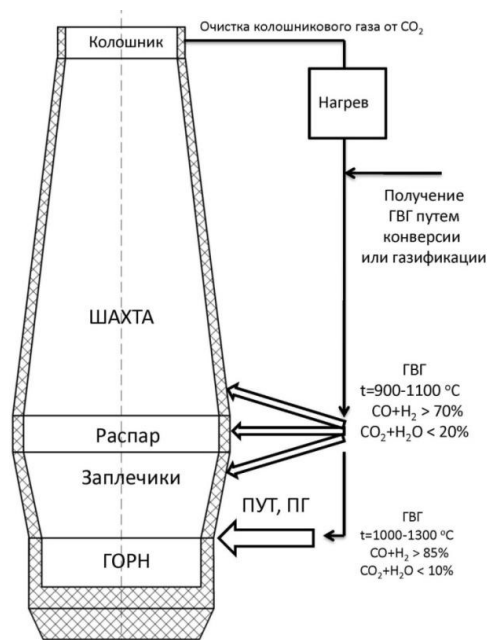


Рисунок 2 – Способы вдувания ГВГ в доменную печь

Представляется затруднительным регулировать высов фурм в зоне шахты печи, так как может произойти срез фурм спускающимся столбом шихты, из-за изменяющихся слоев кокс-рудная часть усложняется

равномерность вдувания и глубина проникновения восстановительного газа, при этом технологически сложно организовать второй ряд фурм и подвод ГВГ, что усложняет конструкцию и повышает экономические затраты.

В случае вдувания ГВГ в горн отсутствует необходимость во втором ряде фурм, подвод ГВГ осуществляется через сопло как при вдувании ПУТ, а при замене дутья ГВГ – через тракт подачи дутья. Открываются более широкие возможности компенсации теплового режима горна. Так, при обогащении дутья кислородом значительно возрастает теоретическая температура, при этом уменьшается расход дутья, а, следовательно, и выход фурменного газа. Недостающий приход тепла со снизившимся расходом дутья можно компенсировать энтальпией ГВГ, при этом дополнительно будет вноситься значительное количество восстановителей, а окислителями можно будет регулировать температуру в фурменной зоне.

Постановка задачи. Задачей исследований в данной работе является изучение путем расчетов изменения основных параметров доменной плавки при вдувании горячих восстановительных газов, полученных путем газификации рядовых энергетических углей.

Изложение материала и результаты. В данной работе нами был произведен расчет влияния вдувания ГВГ на расход кокса и на основные технико-экономические показатели плавки по «комплексному» методу А.Н. Рамма с нахождением тепловых эквивалентов шихты и учетом компенсирующих мероприятий и граничных условий, изучен предел вдувания ГВГ в доменную печь.

В качестве железорудного сырья выбраны окатыши СевГОК с содержанием железа 62 % и основностью CaO/SiO_2 - 0,25, кокс зольностью 10,5 %, серой 0,8 %. ПУТ представлено углями марок тощие и газовые в соотношении 3:2, содержание летучих – 23 %, зола 9 %. Состав ГВГ: CO - 84 %, H_2 – 6 %, N_2 – 5,5 %, $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 4,5 %, температура 1000 °С. Параметры дутья: влажность 0,025 м³/м³ дутья, температура 1100 °С, содержание кислорода в дутье 27 %. Расчет проводился при расходе ГВГ 50-350 м³/т чугуна с шагом 50 м³ и совместно с расходом ПУТ 100 кг/т чугуна. Основность шлака во всех режимах поддерживалась на уровне 1,23. Расчетное снижение расхода кокса при вдувании ГВГ представлено на рисунке 3.

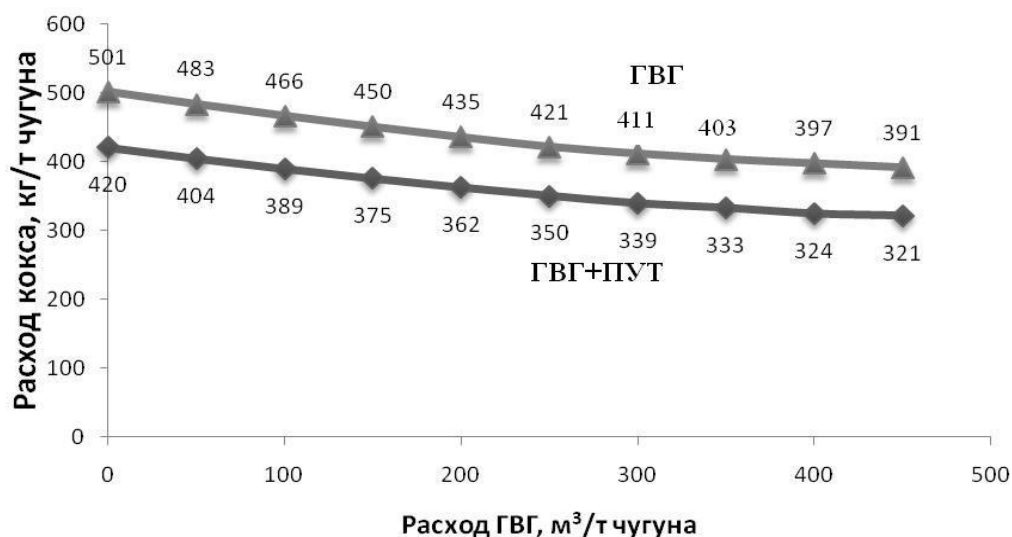


Рисунок 3 – Влияние ГВГ на расход кокса

ГВГ значительно меньше влияют на теоретическую температуру горения (рисунок 4), чем природный газ и ПУТ, снижение температуры колеблется в пределах 0,5-1 °С на каждый метр кубический ГВГ. При этом наибольшее снижение происходит при увеличении содержания окислителей и невысокой температуре ГВГ. Вдувание дополнительных видов топлива не сильно влияет на производительность доменной печи, в основном на 3-5 %, в то время как обогащение дутья кислородом до 30-35 % и выше может повысить производительность до 30-40 %.

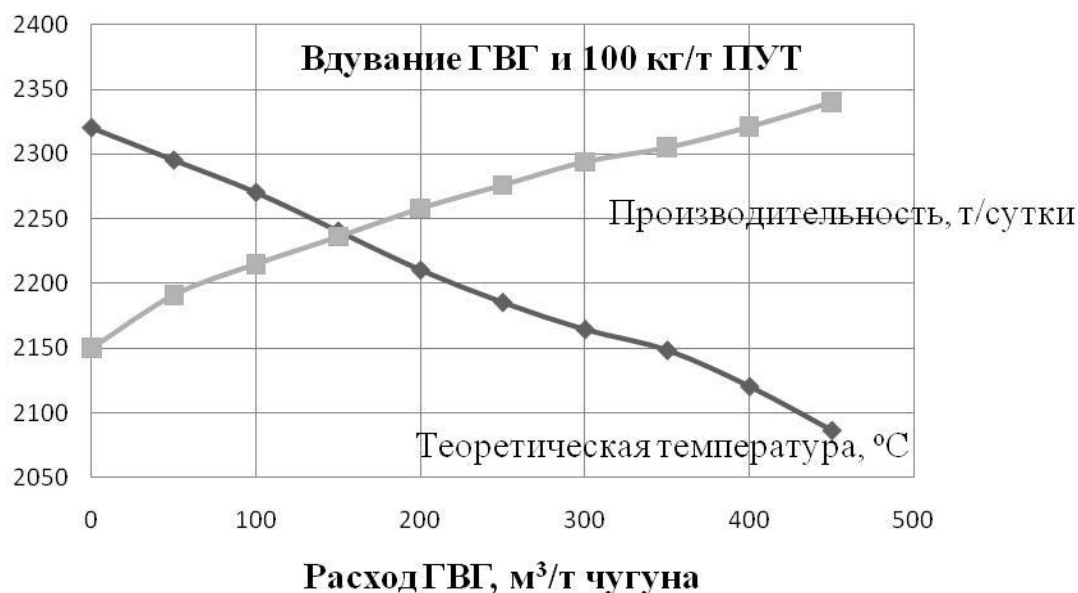


Рисунок 4 – Влияние ГВГ с совместным вдуванием ПУТ на теоретическую температуру горения и производительность печи

Учитывая кинетику многофазных процессов, наибольшая скорость восстановления наблюдается при малых расходах восстановительного газа и постепенно снижается с увеличением расхода газа, стремясь к нулю. Снижение восстановительного потенциала газа также объясняется снижением восстановимости железорудного материала при значительной степени металлизации. Ввиду этого изменяется и коэффициент замены кокса ГВГ. Так как в ГВГ $N_2 < 20\%$, то коэффициент замены для ГВГ был рассчитан по следующей эмпирической формуле, предложенной И.Г. Товаровским:

$$KZ_{ГВГ} = 0,2 \times CO + 0,3 \times H_2 - 1,5 \times (CO_2 + H_2O) - 0,18 \times N_2 + 0,00019 \times t_{ГВГ} + 1,7 \times C_T$$

где CO , H_2 , CO_2 , H_2O , N_2 – объемные доли соответствующих компонентов ГВГ, m^3/m^3 ; $t_{ГВГ}$ – температура ГВГ, C_T – содержание твердого углерода в ГВГ, kg/m^3 . Коэффициент замены составил 0,33, при этом, в зависимости от расхода, он колебался в пределах 0,21-0,25 – при высоком расходе ГВГ ($> 250 m^3/t$ чугуна) и 0,27-0,31 при расходах ГВГ менее $250 m^3/t$ чугуна.

При вдувании ПУТ и ГВГ граничными условиями являются скорость газа в распаре – 20 м/с, достигается при расходе ГВГ – $350 m^3/t$ чугуна и рудная нагрузка – 6 т/т кокса, в данных режимах оставалась в допустимых пределах.

Выводы. На примере расчета показано, что ГВГ, полученный путем газификации угля в печи Ромелт, является эффективным дополнительным видом топлива, таким как природный газ, ПУТ. Таким образом, использование рядовых углей в доменном производстве на наш взгляд является наиболее эффективным. Наименьший расход кокса может быть достигнут при вдувании $450 m^3$ ГВГ и 100 кг ПУТ – 321 кг/т чугуна, но при этом наблюдается нарушение хода печи. Ровный ход печи достигается при расходе ГВГ $350 m^3/t$ чугуна, расход кокса при этом составит 333 кг/т чугуна, следует учитывать, что это не граничное значение. Для достижения наибольшей экономии кокса необходимо существенное повышение уровня качества железорудной шихты, повышения ее восстановимости, кокс должен обладать высокой горячей прочностью и низкой реакционной способностью. Высокий расход ГВГ увеличивает газодинамическое напряжение в печи, вызывая нарушение ровного хода, а при расходе ПУТ происходит неполная газификация углерода угля. Для компенсации этого фактора необходимо улучшение газопроницаемости столба шихты путем введения в железорудную шихту коксового орешка,

увеличение доли кокса в осевой зоне печи и повышение содержания кислорода в дутье до 30-35 %. Предлагаемая технология позволит задействовать рядовые энергетические угли Донбасского региона, при этом заметно снизить потребление, а, следовательно, и производство кокса, что благоприятно скажется на экологической обстановке в регионе.

Список литературы:

1. В.С. Тополов. Концепция развития угольной промышленности Украины/ Сборник трудов первой ежегодной конференции «Уголь СНГ-2005» – Алушта, 2005 – С. 45-47.
2. Перспективы и эффективность технологии выплавки чугуна в доменных печах/ С.Л.Ярошевский, З.К.Афанасьева, А.В.Кузин, И.В. Мишин. – Новости науки Приднепровья, 2010 – с. 25-31.
3. Choice of Technological Regimes of a Blast Furnace Operation with Injection of Hot Reducing Gases/ A. Babich, H.W.Gudenau, K.Mavrommatis etc. – Revista de metalurgia, 2002. – №4 – pp.288-305
4. Рамм А.Н. Современный доменный процесс/ Научн. Редакция А.Н. Рамм. – М.: «Металлургия», 1980. – 304с.
5. Освоение технологии доменной плавки с вдуванием горячих восстановительных газов/ А.П. Пухов, Г.М. Степин, М.А. Цейтлин и др. – Сталь, 1991 – №8 – С. 7-13
6. Роменец В.А. Процесс «Ромелт»: монография/ В.А. Роменец.- Москва: МИСИС, 2005 – с. 400.
7. Мишин, И.В. Бескоксовая технология выплавки чугуна для условий Украины/ И.В. Мишин. – Матеріали V науково- практичної конференції “Донбас-2020: перспективи розвитку очима молодих вчених”: м. Донецьк, 25-27 травня 2010 р.– Донецьк, ДонНТУ, 2010. – с. 181-186.
8. Товаровский, И.Г. Эволюция доменной плавки/ И.Г. Товаровский, В.П. Лялюк. – Днепропетровск: Пороги, 2001. – 428 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ШАХТНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ДОНЕЦКОГО МЕГАПОЛИСА

Матлак Е.С., Заика Т.И., Заика А.И.

Донецкий национальный технический университет

Проанализирована динамика этапов решения проблемы деминерализации шахтных вод в условиях Донбасса. Предложены технико-экономические направления для разработки программы предотвращения сбросов неочищенных шахтных вод на основе их комплексной переработки и использования в народном хозяйстве, получаемых экологически чистых жидких и твердых продуктов.

Донбасс – старопромышленный регион, на территории которого интенсивно развита инфраструктура топливно-энергетического комплекса. Характерной особенностью региона является дефицит питьевой воды. Так, в Донецкой области в маловодные годы он составляет примерно 500 млн. м³/год. При этом 60-70% проб воды, берущихся на анализ из малых рек показывают их полную непригодность для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Наибольшее отрицательное воздействие на водные объекты региона оказывают сбрасываемые в огромных количествах (почти 900 млн. м³/год по Донецкой и Луганской областям) недостаточно очищенные шахтные воды, загрязненные взвешенными веществами, бактериальными примесями и минеральными солями.

Уровень минерализации и состав солей шахтных вод являются генетически свойственными для литосферы региона, его отдельным горно-геологическим и промышленным зонам. Поэтому радикальным образом изменить состав и концентрацию солей в шахтной воде в процессе ее миграции в выработки с помощью современных инженерно-технических средств не представляется возможным. И наоборот, взвешенные вещества, содержащиеся в шахтных сбросах, - это прямой результат производственной деятельности.

Анализ опыта работы поверхностных очистных сооружений, применяемых на шахтах, указывает на их низкую экологическую эффективность. При этом за последние десять лет имеет место тенденция роста сброса недостаточно очищенных вод и загрязненных сбросов, объем которых достиг к настоящему времени почти 95%.

Что касается проблемы деминерализации шахтных вод, то многие годы она не находит своего практического решения и остается важнейшей экологической проблемой угольной промышленности. Состояние решения проблемы деминерализации шахтных вод характеризуется следующим.

Применение для очистки от солей шахтных вод известных технических методов деминерализации, используемых в отечественной и мировой практике, либо не всегда дает необходимый эффект, либо не является экономически оправданным. Анализ позволяет заключить, что положительное решение этой актуальной проблемы может состояться, во-первых, в результате технического совершенствования методов деминерализации, а во-вторых, в рамках комплексной переработки шахтных вод. Именно комплексная переработка является радикальным направлением возврата шахтных вод в хозяйственный оборот региона и защиты природных водных объектов от загрязнения. Она позволяет использовать кондиционированную осветленную и опресненную шахтную воду на собственные нужды шахт, орошение сельхозугодий, коммунальные нужды городов и поселков и т.д. Лишь благодаря комплексной переработки шахтных вод попутно решаются очень важные народнохозяйственные вопросы: компенсация дефицита пресной воды (шахтные воды превращаются в ресурс промышленного водоснабжения); расширение ресурсов минерального сырья для нужд народного хозяйства путем извлечения солей из вод; переход промышленных предприятий на оборотное водоснабжение, обеспечивающее охрану качества воды в поверхностных водных объектах, в том числе Азовского моря.

В этой области известны лишь отдельные научные разработки, выполненные Институтом коллоидной химии воды АН Украины еще в 80-е годы [1], а также Донгипрошахт [2], ОАО «УкрНТЭК» [3] и ДонНТУ [4].

Принципиальной основой предложенных технологий является сочетание различных методов, принятых в:

- процессах водоподготовки (осветление с коагуляцией взвешенных веществ, декарбонизация или декальцирование, стабилизационная обработка, методы ионного обмена для доумягчения воды, опреснение электродиализом, обратным осмосом и дистилляцией);

- галургии (кристаллизация солей);

- химической промышленности (электролиз раствора хлорида натрия с получением раствора едкого натра и соляной кислоты, используемых в качестве реагентов).

При всем разнообразии возможных технологий и технологических схем структура процесса переработки минерализованных вод включает такие основные стадии, как: подготовка исходной воды перед концентрированием; концентрирование; корректировка состава

концентрата; разделение; обработка обессоленной воды перед использованием; обработка полученных солей.

Задача стадии концентрирования заключается в получении обессоленной воды и раствора (рассола) с концентрацией солей возможно близкой к равновесной (состояние насыщения). Эта стадия является наиболее энерго- и материалоемкой, на ней получается 95-98% обессоленной воды.

Несмотря на кажущуюся общеизвестность перечисленных методов основные процессы комплексной переработки шахтных вод требуют новых научно-технических решений, направленных на разработку специальной аппаратуры или модернизацию ранее употребляющейся, а также применения необычной для водоподготовки последовательности использования физико-химических методов обработки вод. В качестве же вспомогательных в технологических схем используются типовые химико-технологические процессы, хорошо отработанные и аппаратурно оформленные в промышленности. К таким процессам относятся: обжиг части карбоната кальция для получения извести; электролиз некоторого количества раствора хлорида натрия с получением едкого натрия, хлора, водорода; карбонизация части раствора едкого натрия для получения раствора соды и другие.

Выбор методов деминерализации осуществляется с использованием известного принципа решения главной задачи – разделение исходной воды на обессоленную воду и в минимальном объеме концентрат (рассол), пригодный к утилизации с выделением сухих солепродуктов или захоронению. При этом установлено, что для опреснения шахтных вод наиболее перспективными являются метод ионного обмена, мембранные методы (электродиализ и обратный осмос) и дистилляционный метод.

Результаты сравнительного анализа избранных методов по себестоимости опреснения шахтных вод и определение области их использования приведены на рисунке. Видно, что технологически наиболее универсальным из перечисленных методов является дистилляционный.

Но в любом случае при солесодержании исходной воды в диапазоне от 2,0 до 10,0 г/л метод обратного осмоса применять предпочтительнее по следующему важному признаку: он позволяет получить наименьшее количество концентрата по сравнению с другими методами.

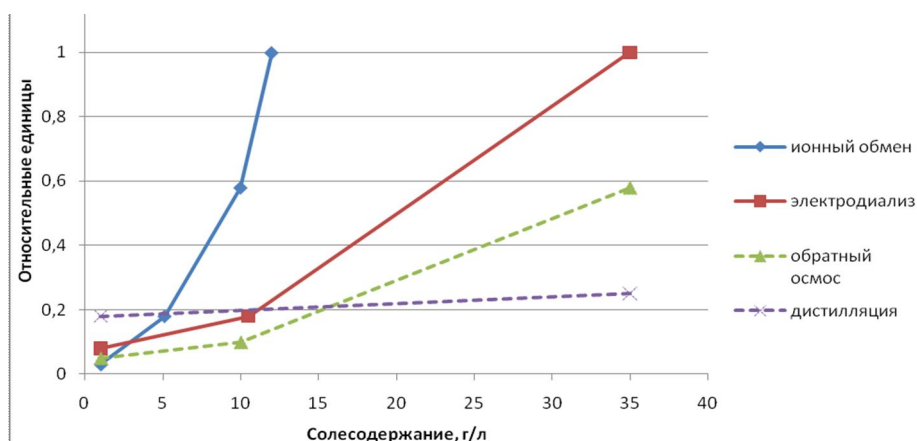


Рисунок 1 – Себестоимость опреснения шахтных вод различными способами

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что чисто технические вопросы проблемы деминерализации шахтных вод, несмотря на их сложность, могут быть успешно решены. Вопрос заключается в том, в состоянии ли угольная промышленность экономически осуществить полномасштабную деминерализацию шахтных вод, например, в пределах Донецкого региона?

Следующие соображения, а также результаты некоторых предварительных сравнительных расчетов позволяют ответить на этот вопрос положительно.

Во-первых, при обосновании подхода соблюдается основное условие рыночных отношений в регионе: (как показано выше) велик спрос на питьевую воду.

Во-вторых, в последние годы в Донбассе резко возросли цены на питьевую воду. Так, в настоящее время цена на 1 м³ питьевой воды, отпускаемой предприятиям вместе с канализацией составляет 9грн/л. При среднем суточном потреблении шахтной питьевой воды в размере 500м³, предприятию приходится затрачивать в год 1,5 млн. грн.

Следовательно, при сложившихся в Украине тарифах на воду различного назначения и качества производственные затраты на комплексную переработку шахтных сбросов можно не только компенсировать (в случае реализации опресненной воды и минеральных солей как продуктов потребления), но и обеспечить прибыль.

Список литературы

1. Комплексная переработка шахтных вод / А.Т.Пилипенко, И.Т.Гороновский, В.Д.Гребенюк и др. Под ред. А.Т.Пилипенко.-К.:Техника, 1985.-183с.

2. Программа создания и строительства установок деминерализации шахтных вод на основных предприятиях угольных бассейнов Украины, а

также использования шахтных вод для нужд народного хозяйства. Пояснительная записка ПП-510-1-13, Донгипрошахт, Донецк, 1992.

3. Резников Ю.Н., Львов В.Г., Кульченко В.В. Шахтные и карьерные воды: кондиционирование, использование, обессоливание и комплексная переработка. – Донецк: Изд-во «Каштан», 2003.

4. Физико-химические основы технологии деминерализации шахтных вод: Монография /[Гребенкин С.С., Костенко В.К., Матлак Е.С. и др.]; под общ. ред. Костенко В.К.- Донецк: «ВИК», 2008. – 287с.

УДК 624.072:69.059

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Королев В.П., *Стрелкова А.Ю.

Приазовский государственный технический университет,
*ООО «Укринсталькон им. В.Н.Шимановского»,
Донбасский центр технологической безопасности

Выполнен анализ нормативных требований к обеспечению качества противокоррозионной защиты стальных конструкций. Задача определения коэффициента готовности при воздействиях агрессивных сред сформулирована как расчет стальных конструкций по предельным состояниям на коррозионную стойкость и долговечность по результатам ускоренных коррозионных испытаний защитных покрытий. Предложены экспериментальные методы подтверждения соответствия показателей качества защитных покрытий требованиям уровня коррозионной опасности строительных объектов.

В соответствии с принятой номенклатурой показателей качества строительных металлоконструкций установлены следующие характеристики долговечности:

- коррозионная стойкость (степень воздействия среды) K , мм/год или балл;

- срок службы защитных покрытий T_3 , год.

Действующий до настоящего времени порядок функционирования организационно-методических и нормативных требований, определяющих показатели долговечности противокоррозионной защиты, сформулирован в нормах СНиП 2.03.11-85*, СНиП 3.04.03-86. Кроме этого, квалификационные требования норм, пособий, государственных стандартов определяют различные характеристики физико-механических и

химических свойств защитных покрытий, не связанные с расчетными показателями режима эксплуатации конструктивных элементов.

Современные представления о технологических требованиях к средствам и методам противокоррозионной защиты включают:

- применение высокоэффективных атмосферно- и химстойких быстросохнущих лакокрасочных материалов, способных обеспечивать высокие защитные свойства при минимальном количестве слоев;

- правильный подбор грунтовочных, промежуточных и лакокрасочных материалов, обуславливающих долговечность комплексных систем защитных покрытий;

- применение высокопроизводительного оборудования для подготовки поверхности металлоконструкций и нанесения лакокрасочных материалов;

- выполнение всех работ по противокоррозионной защите на заводах металлоконструкций.

При выборе системы защитного покрытия стальных конструкций руководствуются следующими основными положениями:

Во-первых, покрытие должно отвечать своему техническому назначению и защищать конструкции в течение заданного промежутка времени.

Во-вторых, соответствовать требованиям технологической рациональности и экономической целесообразности.

Исходными данными для определения рациональной системы защитного покрытия являются состав и концентрация коррозионно-активных агентов, степень агрессивности воздействий эксплуатационной среды и показатели коррозионной стойкости конструктивной формы [1].

Обоснование эффективности защиты строительных конструкций и сооружений от коррозии с учетом положений действующих норм СНиП 2.03.11-85*, СНиП 3.04.03-86 предлагается производить согласно разработанной методики с учетом коэффициента готовности стальных конструкций (K_g). Задача определения коэффициента готовности при воздействиях агрессивных сред (A_n , г/м²год) сформулирована как расчет стальных конструкций по предельным состояниям на коррозионную стойкость и долговечность по результатам ускоренных коррозионных испытаний защитных покрытий. Коэффициент готовности стальных конструкций (K_g) является комплексным показателем ремонтпригодности, характеризующим параметры конструктивных и технологических мер первичной и вторичной защиты:

$$K_g = \frac{T_{ky} + T_{zy}}{T_{ky} + nT_{zy}}; \quad (1)$$

где T_{ky} - срок службы (год) стальных конструкций по показателю коррозионной стойкости (первичная защита);

T_{zy} – расчетный срок службы (год) защитных покрытий с доверительной вероятностью $\gamma=0,95$ по результатам ускоренных испытаний;

N – количество ремонтных циклов возобновления противокоррозионной защиты при установленном сроке службы объекта.

Целью ускоренных коррозионных испытаний является расчетная оценка показателя T_{zy} для различных систем защитных покрытий. Сущность метода ускоренных испытаний ГОСТ 9.401-91 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов» заключается в воздействии на образцы с защитными покрытиями искусственно создаваемых условий, имитирующих воздействия коррозионно-активных компонентов среды. Последовательность выполнения испытаний регламентирована требованиями стандарта EN ISO 12944.

Использование критерия коррозионной опасности обеспечивает возможность задания требований к выбору мер первичной и вторичной защиты, а также устанавливает контрольные нормативы для обоснования системы технического обслуживания и научно-технического сопровождения объектов в зависимости от степени агрессивности воздействий и коэффициента готовности противокоррозионной защиты.

Список литературы

1. Корольов В.П. Експлуатаційні властивості і захист від корозії будівельних металоконструкцій./ Розробки і практичний досвід забезпечення довговічності./ Прес-досьє НВВЛ “Антикор-Дон” ДонНАБА.-Донецьк, Норд-Прес,2005. – 44с.

УДК 624.072:69.059

КОРРОЗИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ - УГРОЗЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ

Высоцкий Ю.Б., *Королев В.П., *Кущенко И.В.

Донецкий национальный технический университет ,

*Приазовский государственный технический университет

Показана необходимость оценки технологической безопасности для разработки системы мер по поддержанию работоспособности, повышению эксплуатационных свойств конструкций зданий, сооружений и инженерных сетей в коррозионных средах. Представлен анализ выполненных исследований по оценке технического состояния и разработке мер повышения надежности строительных конструкций.

Рассмотрены методические подходы и определены принципы обеспечения надежности и безопасности строительных конструкций. Показана необходимость предупреждения коррозионного разрушения и продления ресурса объектов на основе процессного подхода системы менеджмента качества ISO 9001:2000. Сформулирована задача определения качественных и количественных критериев технологической безопасности при продлении ресурса конструкций.

Промышленные предприятия, инженерные коммуникации, объекты жилищно-коммунального хозяйства и транспортной инфраструктуры включают сооружения, конструкции, машины и оборудование, которые при ухудшении эксплуатационных свойств могут переходить в категорию объектов повышенной опасности [1]. Как правило, это становится реальностью по причинам значительного уровня износа, отсутствия регламентных сроков обновления основных фондов, сложного экономического и финансового состояния большинства субъектов хозяйственной деятельности. В последнее время к перечисленным причинам добавились проблемы низкого качества подготовки специалистов, устаревшая нормативно-техническая база, которые привели к снижению исполнительской дисциплины и эффективности технического обслуживания объектов, эксплуатирующихся в агрессивных средах.

Рассмотрение вопроса «О состоянии защиты металлофонда Украины от коррозии» состоялось на заседании Межведомственной комиссии по вопросам научно-технологической безопасности при Совете национальной безопасности и обороны Украины 13 октября 2009 г. В Решении комиссии указано на критическое состояние основных производственных фондов по уровню коррозионной защищенности, которое повышает риск возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера и составляет в соответствии со статьей 7 Закона Украины «Про основи національної безпеки України» угрозу национальной безопасности в экономической и экологической сферах. На основе анализа действующих нормативно-технических и организационно-экономических механизмов регулирования в сфере защиты металлов от коррозии установлено, что установленные до настоящего времени подходы не соответствуют требованиям обеспечения безопасности продукции, изложенным в Директиве Европейского парламента и Совета 2001/95/ЕС от 3 декабря 2001 г. В качестве первоочередных мер Решением комиссии предлагается разработка законопроекта «Об основных принципах государственной политики в сфере защиты металлофонда от коррозии» и государственной целевой экономической программы ресурсосбережения и защиты от коррозии в базовых отраслях промышленности Украины.

Целью работы является обоснование методики выбора мер первичной и вторичной защиты от коррозии металлических конструкций по критериям коррозионной опасности.

Комплексный и многофакторный процесс коррозии и защиты материалов определен нормативной базой, которая включает свыше 125 стандартов «Единой системы защиты от коррозии и старения». Техническое определение коррозии является достаточно широким и классифицирует ее как взаимодействие материала с окружающей средой. На фундаментальном уровне проблема коррозии связана с изучением закономерностей механоэлектрохимической кинетики коррозионных процессов и механизмов противокоррозионной защиты. Материаловедческие аспекты основных тенденций разработки коррозионно-стойких материалов, средств и методов противокоррозионной защиты составляют общеинженерный уровень для преодоления огромного спектра явлений, сопровождающих деградационные процессы изделий и конструкций во всех отраслях экономики. Следовательно, коррозионные повреждения вызывают ущерб, который связан с ухудшением эксплуатационных свойств, снижением несущей способности конструктивных элементов и дополнительными затратами на восстановление работоспособности строительных объектов в процессе эксплуатации. Если в нашей повседневной жизни явление коррозии в основном ассоциируется с ухудшением внешнего вида и образованием ржавчины на поверхности металлических изделий, то в промышленном секторе экономики коррозионное разрушение приводит к аварийным ситуациям, связанным с экологическим, экономическим ущербом, а, в отдельных случаях, имеет катастрофические последствия.

Краткий анализ состояния проблемы позволяет сделать вывод о том, что кроме рассмотренных вопросов, важное значение имеет отказ от практики управления и организационных структур, для которых не установлены границы ответственности и не определены необходимые ресурсы по поддержанию в работоспособном состоянии объектов в условиях коррозионных воздействий. В сложившихся обстоятельствах для предупреждения аварийных ситуаций на объектах повышенной опасности необходимо подвергнуть «реинжинирингу» систему устаревших правил, которые не соответствуют требованиям контроля по показателям коррозионной опасности [2].

Известный американский специалист в области информационных технологий М.Хаммер, определяя сущность реинжиниринга для оптимального построения бизнес процессов, констатировал: «Если мы не меняем эти правила, мы просто переставляем стулья на палубе «Титаника».

Список литературы

1. Королёв В.П. Теоретические основы инженерных расчетов стальных конструкций на коррозионную стойкость и долговечность/ Научн. труды ДГАСА Вып. 1-95.-Донецк, Донеччина.-108 с.

2. Королёв В.П., Рыженков А.А., Гибаленко А.Н. Современные подходы к менеджменту качества противокоррозионной защиты и коррозионному контролю металлоконструкций. / Промислове будівництво та інженерні споруди, №4, 2009, с. 7-11.

УДК 338.4, 658

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ МОДЕРНИЗАЦИИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «СНПЗ»)

Терешкина О.С., Малова К.А.

Московский государственный университет инженерной экологии

В настоящее время отечественные нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) по уровню технологии переработки нефти входят в число наиболее устаревших в мире. Поэтому необходимость их реконструкции и модернизации является актуальной проблемой с точки зрения будущего развития предприятий и повышения уровня экологической безопасности. Разработка и внедрение комплексной программы модернизации ОАО «Сызранского нефтеперерабатывающего завода» направлены на решение данной проблемы.

На современном этапе развития нефтеперерабатывающей отрасли РФ необходимо решение проблемы низкого технического и технологического уровня предприятий, который обусловлен значительным моральным и физическим износом оборудования (70% установок на нефтеперерабатывающих заводах РФ введены в эксплуатацию более 30 лет назад, и не более 15% – эксплуатируются менее 10 лет). В среднем глубина переработки нефти по отрасли составляет 71,5%, что обуславливает производство нефтепродуктов низкого качества (автобензин и дизельное топливо), что наряду с высокими транспортными расходами, обусловленными большим расстоянием нефтеперерабатывающих заводов от экспортных терминалов, существенно сокращает экспортный потенциал отечественных нефтепродуктов.

В настоящее время Российская Федерация выступает в роли сырьевого посредника развитых нефтеперерабатывающих стран. Автомобильный бензин Российского производства не является пригодным для экспорта в силу высокого содержания в нем серы и ароматических углеводородов. В странах Евро союза сейчас действует норма Евро-5, в то время как действующий ГОСТ соответствует Евро-3.

Поэтому, основным направлением развития нефтеперерабатывающей отрасли является коренная реконструкция и модернизация нефтеперерабатывающих заводов с опережающим строительством мощностей по углублению переработки нефти, повышению качества нефтепродуктов.

Качество моторных топлив и повышение их конкурентоспособности является важной проблемой нефтеперерабатывающей промышленности. Ассортимент и качество применяемых топлив, в частности автомобильных бензинов, с одной стороны определяется структурой автомобильного парка. С другой стороны законодательные инициативы, направленные на снижение токсичности транспортных средств, жестко ограничивают экологические показатели качества топлив. Россия присоединилась к европейским экологическим программам и ориентируется на производство автомобильных бензинов по EN 228, производство дизельных топлив по EN-590. Технические возможности нефтепереработки также оказывают влияние на формирование рынка автомобильных бензинов и дизельных топлив.

В связи с этим крайне актуальным представляется разработка комплексной программы модернизации ОАО «Сызранского нефтеперерабатывающего завода». Данное предприятие является на сегодняшний день сбалансированным производственным комплексом, ориентированным на выпуск качественной, с улучшенными экологическими характеристиками продукции, которая пользуется постоянным рыночным спросом. Основным видом хозяйственной деятельности предприятия являются услуги по переработке давальческой нефти.

Экологические проблемы на заводе решаются комплексно и охватывают все стадии производства, а также выработку экологически чистой продукции, использование которой приводит к значительному снижению загрязнения окружающей среды и вредного влияния на здоровье людей.

Высокий уровень экологической безопасности достигается эффективными природоохранными технологиями. Постоянно

ведется их интенсификация с применением лучших отечественных и зарубежных разработок.

ОАО «СНПЗ» стремится стать предприятием европейского образца, выйти на новый уровень экологической безопасности, поэтому главная цель – обеспечить благоприятную среду обитания в широком смысле этого понятия: как вокруг завода, так и за его пределами, гарантируя выпуск экологически чистой продукции.

Комплексная программа модернизации ОАО «СНПЗ» включает два инвестиционных проекта по строительству установки изомеризации производства бензина по стандарту Евро-4 и по строительству установки гидроочистки дизельного топлива по стандарту Евро-5, её реализация осуществляется за счет собственных средств завода. Данные проекты являются долгосрочными, осуществление основных инвестиций по программе модернизации происходит в период 2011 - 2014 гг. Необходимо отметить, что привлекательность программы заключается в поэтапном вводе инвестиций, что позволяет получать доход до завершения всех запланированных инвестиций. Программа окупается на шестом году осуществления инвестиций.

Необходимость введения в эксплуатацию установок изомеризации и гидроочистки и, соответственно, их экономического обоснования продиктована жесткими требованиями к производимому топливу. Эти требования устанавливаются принятым на основании постановления Правительства РФ №118 от 27 февраля 2008 года Техническим регламентом «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту». Согласно данному регламенту, «выпуск в оборот автомобильного бензина и дизельного топлива допускается в отношении: класса 2 – до 31 декабря 2010 г.; класса 3 – до 31 декабря 2011 г.; класса 4 – до 31 декабря 2014 г.; класса 5 – срок не ограничен». Следовательно, нефтеперерабатывающим заводам для дальнейшего эффективного функционирования необходимо в короткие сроки наладить производство топлива, соответствующего стандартам Евро.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОНИТОРИНГА КОРРОЗИОННОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Королев В.П.

ЗАО «Донецксталь» - металлургический завод

Рассмотрены методические подходы и определены принципы снижения затрат на основе рационального использования средств и методов первичной и вторичной защиты. Сформулированы условия экономического подхода к оценке эффективности мер по защите от коррозии на основе системы менеджмента качества ISO 9001:2000. Предложены расчетные модели мониторинга технико-экономических показателей качества противокоррозионной защиты.

Целью работы является формирование экономического подхода к техническому регулированию эффективности мер по защите от коррозии в условиях ограниченных финансовых и материальных ресурсов. Учитывая тяжелые последствия бездействия последних двух десятилетий в области технического регулирования проблемы коррозии, разработка основ государственной политики и новой концепции государственной программы защиты от коррозии должны опираться на принципы стратегического антикризисного управления. При таком подходе понятие коррозионной опасности включает определенное состояние или ситуацию (угрозу), при которых увеличивается вероятность наступления ущерба в связи с тем, что данное коррозионное состояние или отклонение от нормальной эксплуатации являются потенциальной причиной (угрозой) наступления опасности или того, что может повлиять на размер ущерба.

Среди причин, обостряющих проблему защиты от коррозии, следует выделить недостаточные меры по снижению степени агрессивности воздействий, низкую коррозионную стойкость строительных сталей, недостаточную оснащенность современными средствами и методами противокоррозионной защиты. На одну тонну металла в среднем приходится около 3 кг лакокрасочных материалов, из которых только 12-15% являются химически стойкими. В результате, степень обеспечения основными средствами защиты и оборудованием для их нанесения составляет 30-40%.

Важность проблемы защиты металлов от коррозии связана с высвобождением финансовых и материальных ресурсов, которые нерационально используются на ремонты технологического оборудования, машин, строительных конструкций зданий и сооружений из-за

преждевременного износа и снижения сроков службы при воздействиях агрессивной среды. Продолжительность межремонтного периода конструкций в средне- и сильноагрессивных средах составляет от 1 до 3 лет. Поэтому, каждые 3 года необходимо восстанавливать защитные покрытия на 50% металлоконструкций и производить замену 10-20% конструктивных элементов в результате коррозионного износа. По данным экспертной оценки дополнительные ежегодные затраты ЗАО «Донецксталь»-МЗ», вызванные недостаточной эффективностью мер по защите от коррозии, составляют от 60 до 70 млн.грн.

Мониторинг технико-экономических показателей качества противокоррозионной защиты производится при сравнении с базовыми данными:

- удельной массы конструкции, G_k ;
- индекса снижения расхода материалов на противокоррозионную защиту β_m :

$$\beta_m = S_m(P) \cdot S_m(I) \cdot S_m(E), \quad (1)$$

где $S_m = G_{mb} / G_{mr}$ - индекс изменения расхода противокоррозионного материала при сравнении базового варианта (G_{mb}) с разрабатываемым (G_{mr}) при проектировании (P), изготовлении (I) и эксплуатации (E);

- индекса снижения трудоемкости противокоррозионной защиты и ремонтно-окрасочных работ β_T :

$$\beta_T = S_T(P) \cdot S_T(I) \cdot S_T(E), \quad (2)$$

где $S_T = T_b / T_r$ - индекс снижения трудоемкости окрасочных работ при сравнении базового варианта (T_b) с разрабатываемым (T_r) при проектировании (P), изготовлении (I) и эксплуатации (E);

- индекса снижения эксплуатационных затрат β_p :

$$\beta_p = S_p(P) \cdot S_p(I) \cdot S_p(E), \quad (3)$$

где $S_p = P_b / P_r$ - индекс снижения затрат на поддержание качества и долговечности конструкций базового (P_b) и разрабатываемого (P_r) варианта при проектировании (P), изготовлении (I) и эксплуатации (E);

- индекса надежности противокоррозионной защиты β_z :

$$\beta_z = S_z(P) \cdot S_z(I) \cdot S_z(E), \quad (4)$$

где $S_z = \gamma_{zb} / \gamma_{zr}$ - индекс повышения коэффициента надежности противокоррозионной защиты базового (γ_{zb}) и разрабатываемого (γ_{zr}) вариантов при проектировании (P), изготовлении (I) и эксплуатации (E).

Экономическая эффективность $Q(t)$ эксплуатации объектов в коррозионных средах $Q(t)$ имеет вид:

$$Q(t) = P(t) - [C_n + (\delta C_{\text{э}}/\delta t) \cdot \Delta t], \quad (5)$$

где: $P(t)$ – суммы амортизационных отчислений в соответствии с нормами по основным фондам промышленности, грн.;

C_n – затраты на изготовление конструкции или объекта;

$\delta C_{\text{э}}/\delta t$ – изменение затрат на эксплуатацию за промежуток времени Δt , грн./год.

Увеличение затрат на изготовление при использовании более эффективных материалов приводит, с одной стороны, к уменьшению экономического эффекта (5), а с другой – к его увеличению за счет повышения надежности и долговечности и соответствующего снижения эксплуатационных затрат. Математически это выражается зависимостями:

$$\gamma_{zn}(C_n) = \gamma_{zn0} + \sum_{i=1}^n [(\delta \gamma_{zn} / \delta C_{ni}) \cdot \Delta C_{ni}], \quad (6)$$

где γ_{zn0} – коэффициент надежности противокоррозионной защиты при первоначальных затратах на создание конструкции или объекта;

$\delta \gamma_z / \delta C_{ni}$ – коэффициент влияния стоимости i -го элемента на его надежность;

ΔC_{ni} – затраты на увеличение надежности за счет повышения качества и долговечности i -го элемента.

$$\delta C_{\text{э}}/\delta t = \Phi [C_{ni} \gamma_z(C_n) t], \quad (7)$$

где $\delta C_{\text{э}}/\delta t$ – скорость изменения эксплуатационных затрат;

$\gamma_z(C_n)$ – коэффициент надежности противокоррозионной защиты с учетом затрат на изготовление (C_n).

При условии определения технологически целесообразного срока эксплуатации t_{opt} срок службы T_n назначается на стадии проектирования с учетом экономической эффективности противокоррозионных мероприятий.

ОБЕСПЫЛИВАНИЕ ШАХТНОГО ВОЗДУХА В ПОДЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ

Малеев В.Б., Скорынин Н.И., Кудрявцев А.А.
Донецкий национальный технический университет

Изложена сущность комплексного процесса гидрообеспыливания и конденционирования рудничного воздуха на основе импульсно-волнового диспергирования воды.

Сущность проблемы и ее актуальность обусловлены тем, что развитие национальной горнодобывающей и угольной промышленности требует решения глобальных проблем по обеспечению охраны труда шахтеров, в создании комфортных условий по качеству воздуха производственной среды. Микроклиматическая обстановка технологических зон очистных и проходческих забоев, особенно глубоких шахт, требует кондиционирования воздуха – его очистки от пыли и охлаждения. Для этого наиболее рациональными являются гидродинамические установки, в которых воздух обрабатывается капельной жидкостью. Анализ известных научных работ и технических показателей действующих на шахтах установок показал, что нерешенным вопросом является оценка конечной температуры воздуха после обработки его потоком капельной жидкости, что является необходимым для разработки эффективных средств гидродинамического кондиционирования воздуха в условиях горных выработок.

Цель исследования, излагаемого в статье: определить температуру воздуха, имеющего известные начальные параметры, в результате перемещения его через объемный поток капель воды или жидкости известных свойств.

Основная часть. Принимаем, что система «газ – капли» адиабатная, а массоперенос между фазами не учитывается.

Рассмотрим теплообмен между газом и одиночной каплей.

Поток теплоты в единицу времени через границу раздела фаз из газа в каплю определим соотношением, вытекающим из закона Рихмана [1]:

$$q = 4\pi R^2 A(T_1 - T_2), \quad (1)$$

где q – поток теплоты;

R – радиус капли;

A – коэффициент теплоотдачи между фазами;

T_1 – начальная температура газа;

T_2 – начальная температура жидкости (воды) капли.

Принимаем, что изменение температуры жидкости в капле соответствует сферически – симметричному процессу, т.е. :

$$T_2(r) = \frac{3}{4\pi R^3} \int_0^R 4\pi R^2 T_2(r_2, t) dr_2, \quad (2)$$

где $T_2(r_2, t)$ – температура в капле в момент времени t на расстоянии r от ее центра.

Коэффициент теплоотдачи определим по параметрам капли [2]:

$$A = \frac{Nu_2 \lambda_2}{2R}, \quad (3)$$

где Nu_2 , λ_2 – соответственно, число Нуссельта и коэффициент теплопроводности жидкости капли.

В гидро – и термодинамике имеются экспериментальные зависимости числа Нуссельта от чисел Рейнольдса (Re_2) и Прандтля (Pr_2) в зависимости от состояния капли в несущей среде (газа). Применим выражение [1]:

$$Nu_2 = 2 + 0,46 Re_2^{0,55} Pr_2^{0,33}; \quad (1 < Re_2 < 10^4; \quad 0,6 < Pr_2 < 400),$$

где $Re_2 = \frac{2R(\vartheta_2 - \vartheta_1)}{\nu^2}$ – число Рейнольдса;

$$Pr_2 = \frac{\mu_2 g C_{p2}}{\lambda_2} \quad \text{– число Прандтля;}$$

μ_2 – динамическая вязкость жидкости;

ν_2 – кинематическая вязкость жидкости.

Используя (1), определим скорость изменения температуры капли:

$$\frac{dT_2}{dt} = \frac{q}{C_2 m_2}, \quad (4)$$

где C_2 – удельная массовая теплоемкость воды; m_2 – масса капли.

Согласно (4) температура газа изменяется по зависимости:

$$T_1 = T_2 + \frac{C_2 m_2}{A} \frac{dT_2}{dt}, \quad (5)$$

Принимаем, что до начала взаимодействия температуры газа и жидкости известны. Обозначим в (5) отношение:

$$\frac{C_2 m_2}{A} = \tau \quad \text{– постоянная времени нагрева жидкости капли.}$$

К зависимости (5) применим прямое преобразование Лапласа в виде:

$$\tau [p T_2(p) - T_2(0)] + T_2(p) = \frac{1}{p} T_1, \quad (6)$$

при условии, что

$T_2(0) = T_2$, а (p) принимает значения:

$$p_1 = 0; \quad p_2 = -\frac{1}{\tau},$$

где p_1 и p_2 – соответственно, полюса, совпадающие с началом системы координат, при прямом (p_1) и обратном (p_2) преобразованиях Лапласа.

Тогда из (6) получим:

$$\begin{aligned} \tau p T_2(p) + T_2(p) &= \frac{1}{p} T_1 + \tau T_2, \\ T_2 &= \frac{1}{\tau} [T_2(p) (\tau p + 1) - \frac{T_1}{p}], \\ T_2(p) &= \frac{T_1 + \tau T_2(p)}{p [\tau p + 1]}, \end{aligned} \quad (7)$$

Применим к (7) обратное преобразование Лапласа, учитывая, что корни знаменателя (7) имеют значения:

$$p_1 = 0; \quad p_2 = \tau^{-1}, \quad (8)$$

получим

$$\frac{T_1 + \tau T_2(p)}{p \tau} = T_2 + \frac{T_1}{p \tau}, \quad (9)$$

Подставляя в (9) значения (8), имеем

$$(T_1 - T_2) e^{-\alpha} = -\frac{1}{\tau} \cdot \tau = (T_2 - T_1)^{-\alpha}, \quad (10)$$

или конечная температура капли:

$$T_2(t) = T_1 (1 - e^{-\alpha}) + T_2 e^{-\alpha}, \quad (11)$$

где $\alpha = \frac{t}{\tau}$ – относительный параметр времени нагрева жидкости капли.

Количество теплоты, полученное каплей в единицу времени:

$$q = C_2 m_2 (T_2(t) - T_2), \quad (12)$$

где $T_2(t)$ – конечная температура нагрева капли определяемая по (11).

Количество теплоты, полученное всеми каплями потока в единицу времени:

$$Q_k = \frac{M}{m_2} C_2 m_2 [T_2(t) - T_2] = M C_2 [T_2(t) - T_2], \quad (13)$$

где M – массовый расход воды через диспергирующую форсунку, кг/с.

Тепловой поток, отданный воздухом потоку капель, будет равен:

$$Q = m_1 C_1 (T_1 - \theta), \quad (14)$$

где m_1 - массовый расход воздуха;

C_1 - удельная массовая теплоемкость воздуха;

T_1 - начальная температура воздуха;

θ - конечная температура воздуха.

На основе закона сохранения энергии приравняем (13) и (14), откуда найдем конечную температуру воздуха θ , т.е.:

$$MC_2 [T_2(t) - T_2] = m_1 C_1 (T_1 - \theta);$$

$$\theta = T_1 - \frac{MC_2}{m_1 C_1} [T_2(t) - T_2], \quad (15)$$

учитывая (11), запишем (15) в виде:

$$\theta = T_1 - \frac{MC_2}{m_1 C_1} [T_1(1 - e^{-\alpha}) + T_2 e^{-\alpha} - T_2], \quad (16)$$

Выводы и направление дальнейших исследований. Таким образом, конечная температура воздуха в процессе его взаимодействия с каплями в течение одной секунды, т.е. при условии:

$$t = 1, \quad \alpha = \frac{1}{\tau} = \frac{A}{C_2 m_2},$$

где A - коэффициент теплоотдачи, определяемый по (3), может быть теоретически найден по зависимости (16).

Как показали экспериментальные исследования, при начальной температуре воздуха 25°C и начальной температуре воды 18°C , диспергируемой на капли форсункой, изготовленной как импульсно-волновой многокамерный эжектор [3], температура воздуха снижается в среднем на $3,6^{\circ}\text{C}$, что весьма удовлетворительно согласуется с расчетным значением.

В последующих исследованиях намечается теоретически и экспериментально обосновать параметры установок для гидродинамического импульсно-волнового обеспыливания и конденционирования рудничного воздуха в определенных условиях глубоких шахтах.

Список литературы

1. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена / С.С. Кутателадзе. – М. : Атомиздат, 1979. – 415с.
2. Исаченко В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М. : Энергоатомиздат, 1981. – 417с.
3. Пат. 16953 Україна, МПК F 04 F 5/16. Ежектор / Гого В. Б., Малеев В. Б.; заявник та патентовласник Донецький НТУ; заявл. 10.11.05 ; опубл. 15.09.06, Бюл. № 9.

УДК 622.8.7

ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА

Малеев В.Б., Скорынин Н.И., Кудрявцев А.А.
Донецкий национальный технический университет

Предложена и обоснована концепция экологической безопасности и энергетической стабильности Донбасса на основе создания шахтных автономных технолого-энергетических комплексов ШАТЭК

Актуальность проблемы и ее связь с важными научными и практическими задачами обусловлена тем, что Донецкий регион одним из первых в стране стал зоной экологических конфликтных ситуаций в замкнутой системе «Человек - Производство - Окружающая среда - Человек». Конфликтность обострилась в связи с дефицитом традиционных энергоресурсов, отсутствием эффективных технологий их переработки и использования, социальной трансформацией общества.

Анализ последних публикаций, посвященных данной проблеме, показывает, что в регионе около 80 тыс. источников выделения вредных веществ в окружающую среду. Из них только 47% оборудованы очистными сооружениями. В связи с этим на один квадратный километр территории области выбрасывается более 100 тонн вредных веществ в год. Выбросы предприятий ТЭК составляют около 44% от общего объема выбросов, приходящихся на регион. Только 27% предприятий комплекса оборудованы очистными сооружениями. Остальные совместно с 206 горящими породными отвалами только в атмосферу выбрасывают более 1,5 млн. тонн вредных веществ [1, 2].

Так как регион обладает многими видами сырьевых и топливных ресурсов, значительным трудовым потенциалом, то имеются все предпосылки его дальнейшего развития. Однако рост энергоемкости

производства требует увеличения добычи угля, его переработки и использования, что порождает огромные объемы отходов породы, золы, шлака, выбросов технологических газов.

В связи с этим для обоснования стратегии развития региона необходим комплексный эколого-энергетический анализ его состояния и поиск нетрадиционных решений актуальной проблемы.

За последние 10 лет произошло резкое снижение добычи угля. Это объясняется недостаточным объемом выделяемых капитальных вложений, сложными горно-геологическими условиями. Более половины добычи дают шахты с глубиной разработки 600 - 1000 м. Средняя мощность пластов составляет 1,12 м. В недрах теряется около 14% от годовой добычи угля. К тому же качество углей снижается. За последние 10 лет зольность возросла с 30 до 35%. В необогащенном виде используется около 23 млн. тонн угля в год. Отходы обогащения используются в качестве вторичных ресурсов ограничено, не более 12% от общей массы.

Потребителями угля в регионе являются тепловые электростанции, промышленные и коммунально-бытовые котельные. Котельные потребляют во много раз меньше топлива, чем ТЭС, но выбрасывают в атмосферу примерно такое же количество отходящих (дымовых) газов. При этом они оказывают влияние на приземный слой биосферы непосредственно в районе своего расположения [3].

На электростанциях региона, имеющих установленную мощность 13 млн. кВт, используется до 10% добычи угля. Средняя зольность угля 34,6%, а серы - 1,6%. Абсолютное количество выбросов вредных веществ ТЭС составляет 761 тыс. тонн в год, из которых 73% газообразных. На действующих электростанциях невозможно добиться резкого сокращения выбросов из-за отсутствия эффективных систем улавливания оксидов серы и азота.

Особые проблемы продолжает создавать централизация теплоснабжения в городах и поселках региона, а также использование низкосортного топлива без применения эффективных систем золоулавливания и газоочистки.

Недостаток энергии в регионе особо ощутим на предприятиях в часы максимумов потребления. Генерирующие мощности энергосистемы не развивают номинальной нагрузки из-за низкого качества топлива. По отдельным агрегатам она снизилась на 15-20%. К концу столетия установленная мощность системы снизится примерно на 30% в результате демонтажа отработавших свой моторесурс турбоагрегатов.

Острую напряженность в энергоснабжение Донбасса вносит угольная промышленность, которая использует треть электроэнергии, расходуемой в регионе. Современная шахта является предприятием с высоким

удельным потреблением электроэнергии (до 160 кВт×ч на тонну добычи) и кроме того, дополнительно расходует топливо для нужд теплофикации.

В перспективе потребление электроэнергии и топлива на шахтах региона будет расти вследствие ряда объективных причин: увеличения глубины разработок (дополнительные расходы на вентиляцию, дегазацию, водоотлив); потребности опреснения шахтных высокоминерализованных вод, и т.д.

Основной материал исследования. Альтернативой проблеме энергообеспечения угольных шахт должно стать автономное производство необходимых видов энергии на самой шахте с использованием вторичных топливно-энергетических ресурсов, а также применение экологически чистых возобновляемых источников энергии. В то же время на положительное решение экологических задач в регионе могут оказать существенное влияние повышение качества топлива и эффективности систем очистки отходящих газов, внедрение котлоагрегатов с низкотемпературным "кипящим слоем", а также использование шахтного метана [3].

Указанные организационно-технический характер. Они улучшают использование топлива и энергии в существующих производствах, уменьшают нагрузку на окружающую среду. Наряду с этим требуется комплекс мер экологической перестройки. Предприятия должны быть экономически заинтересованы в использовании новых средств с меньшими выбросами вредных отходов. Нарушение экологических норм должно вести к увеличению издержек, к снижению рентабельности производства. В первую очередь необходимо следовать принципу планирования потребности в первичных топливных ресурсах с учетом ресурсосбережения и вовлечения вторичных источников. Изменение системы управления экономикой страны предполагает развитие территориальных форм управления энергетикой и охраной природы. В соответствии с этим передача ответственности местным органам управления позволит организовать и осуществить необходимые эколого-энергетические мероприятия на основе создания новых ассоциативных структур, решающих одновременно два вопроса одной проблемы.

На региональном уровне эту работу целесообразно осуществлять специализированными предприятиями-фирмами, которые составят самостоятельную отрасль как в направлении научных исследований, так и практической реализации разработок. Создание материально-технической базы и финансирование деятельности этих структур должно осуществляться совместно предприятиями и органами власти. Существенной мерой в этом могли бы стать целевые фонды защиты окружающей среды при местных органах управления. Средства фондов следовало бы использовать для финансирования мероприятий

межотраслевого характера, для компенсации затрат на исследовательские работы в направлениях нетрадиционной энергетики и экологии.

Оценивая эколого-энергетическую обстановку в Донбассе, можно отметить, что положение явно кризисное и поступать надо так, как поступают в кризисных ситуациях. В теплоэнергетике выход один: установить абсолютный приоритет форсированного строительства и реконструкции тепловых электростанций с эффективными системами защиты окружающей среды, которые можно соорудить в сжатые сроки. Топливом для этих электростанций должен быть уголь Донбасса.

Применительно к Донбассу предлагается следующая Концепция эколого-энергетического развития на начало нового тысячелетия:

- комплексное использование вторичных топливно-энергетических ресурсов (ВТЭР), преимущественно для предприятий угольной промышленности (шахт) путем сооружения автономных мини-электростанций -комплексов ШАТЭК (первая группа энергопотребителей);

- использование экологически чистых возобновляемых источников энергии (ВИЭ) - солнца, ветра и т.д. для сельскохозяйственного производства региона, а также для коммунально-бытового и частного секторов (вторая группа потребителей);

- перераспределение лимитов электроэнергии между группами в пользу первой, компенсировав дефицит второй, эффективным использованием ВИЭ;

- для теплоснабжения зданий и сооружений региона использовать автономные теплофикационные установки (АТУ), исключив огромные потери тепла и средств, которыми характеризуется существующая централизованная система, использовав системы экологической безопасности.

Основными стадиями реализации Концепции являются этапы: разработка и освоение механизмов экономического стимулирования предприятий в использовании ВТЭР и ВИЭ как в промышленности, так и сельском хозяйстве; создание новой научно-производственной базы для выпуска экологоэнергетического оборудования. Строительство регионального Центра по производству, монтажу и обслуживанию установок с использованием ВИЭ. Подготовка специалистов и организация международного сотрудничества.

Предлагаемая Концепция эколого-энергетического развития позволяет в сжатые сроки и с меньшими инвестиционными вложениями покрыть дефицит энергопроизводящих мощностей региона, создать благоприятные условия для снижения экологической напряженности угольных шахт.

Одним из возможных путей реализации Концепции является создание шахтных технолого-энергетических комплексов (ШАТЭК) [3].

Для условий угольных шахт Донбасса ШАТЭК будет связан с внешней электросистемой, что позволит решать задачи суточного колебания энергопотребления в регионе. В то же время он обеспечит поддержку системы в случае кризисной ситуации. Одновременно ШАТЭК решает вопросы теплоснабжения установок по опреснению шахтной воды за счет использования тепла отработанных газов. Для технико-экономической оценки эффективности ШАТЭК был рассмотрен вариант применительно к условиям шахты "Красноармейская-Западная № 1". Расчетная мощность турбинных агрегатов с учетом резерва составила 60МВт. Использование шахтного метана позволит дополнительно получить до 20% необходимых энергоресурсов. В дальнейшем определенный интерес представляет вопрос о предварительной газификации топлива (низкосортного угля), в том числе и отходов углеобогащения при надежной газлифтной системе очистки дымовых газов [3].

Список литературы

1. Беседа Н.И., Яковенко П.И., Бент О.И. Состояние окружающей среды в Донбассе и предложения по ее охране // Уголь Украины.-1996.-№3.
2. Заболотый А.Г., Кононенко Н.А., Григорюк Е.В. Охрана природы в угольной промышленности Украины // Уголь Украины.-1997.-№8.
3. Пак В.В., Гого В.Б. Модель оптимизации энергоснабжения шахты на основе ШАТЭК // Уголь Украины.-2004.-№ 3.

УДК 338.4, 658

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Терешкина О.С., Бобкова Н.И., Малова К.А.

Московский государственный университет инженерной экологии

Производство и потребление нефтепродуктов является одной из ключевых сфер российской экономики, нуждающихся в экологизации. Целенаправленная работа в этой области позволит существенным образом сократить масштабы вредных выбросов и потребления энергии, что благоприятно скажется на здоровье россиян, общем состоянии окружающей среды, а также повысит устойчивость российской экономики за счет увеличения доли продукции с высокой добавленной стоимостью.

Для экологизации российской нефтепереработки требуются как использование инструментов государственного регулирования, так и запуск рыночных механизмов экологизации конечного спроса. В комплексе эти меры создадут необходимый стимул для необходимых инвестиций в модернизацию существующих и строительство новых, современных нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) в России. Существуют две основные задачи российской нефтепереработки в области обеспечения экологической безопасности (повышения эффективности производства и применения нефтепродуктов):

- углубление переработки нефти;
- получение продуктов мирового уровня качества.

Значительной проблемой нефтеперерабатывающей промышленности России является высокая степень износа основных фондов, составляющая до 80%, а также использование устаревших энергоемких и экономически несовершенных технологий. В результате данная отрасль характеризуется высоким уровнем энергопотребления, что негативно отражается на экономической эффективности переработки нефти. Удельный расход энергоресурсов на действующих российских заводах в 2-3 раза превышает зарубежные аналоги.

В результате нефтеперерабатывающая промышленность приобрела ряд специфических черт: устаревание НПЗ, низкая глубина переработки нефти, низкая загрузка производственных мощностей, дефицит мощностей по вторичной переработке нефти, слабое использование современных технологических процессов.

Нефтеперерабатывающая отрасль должна направлять свои средства на реализацию инвестиционных проектов, связанную с коренной модернизацией отечественных нефтеперерабатывающих заводов: опережающим освоением мощностей по углублению переработки нефти путём ввода в действие новых и реконструкции действующих установок каталитического крекинга, гидрокрекинга, коксования и пр., а также производств, позволяющих улучшить качество моторных видов топлива и вовлечь в производство продукты от деструктивных процессов переработки сырья.

Важнейшей задачей является улучшение эксплуатационных и экологических характеристик моторных видов топлива. При этом необходимо широкое освоение процессов, обеспечивающих производство высокооктановых «экологически чистых» компонентов автомобильных бензинов, а также облагораживание средних нефтяных дистиллятов, в том числе полученных деструктивными

процессами переработки остатков с выработкой глубокоочищенного дизельного топлива.

Учитывая особенности развития нефтепереработки в России, был проведен анализ деятельности одного из ведущих нефтеперерабатывающих предприятий топливного профиля – ОАО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод». Основными конкурентными преимуществами ОАО «СНПЗ» являются высокая развитость технологии производства; широкий спектр и экологичность вырабатываемой продукции; гибкая адаптация к требованиям рынка; предоставление качественных услуг по процессингу.

Миссия ОАО «СНПЗ» – это инновационное, экологически безопасное и экономически эффективное удовлетворение потребности общества в энергоресурсах.

Актуальным и приоритетным в настоящее время является решение экологических проблем, оздоровление экологической обстановки. Поэтому необходимо решить следующие задачи:

- рациональное использование природных ресурсов;
- последовательное сокращение организованных и неорганизованных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;
- очистка загрязненных земель на территории ОАО «СНПЗ»;
- рациональное обращение с отходами производства.

Экологические проблемы на заводе решаются комплексно и охватывают все стадии производства, а также выработку экологически чистой продукции, использование которой приводит к значительному снижению загрязнения окружающей среды и вредного влияния на здоровье людей.

Высокий уровень экологической безопасности достигается эффективными природоохранными технологиями. Постоянно ведется их интенсификация с применением лучших отечественных и зарубежных разработок.

Из вышеприведенного следует, что нефтеперерабатывающим заводам для дальнейшего эффективного функционирования необходимо в короткие сроки наладить производство топлива, соответствующего стандартам Евро.

Для того чтобы достичь поставленных целей, ОАО «СНПЗ» предлагается разработать и внедрить комплексную программу модернизации, включающую в себя следующие мероприятия:

- 1) строительство установки изомеризации бензина по стандарту евро-4;
- 2) строительство установки гидроочистки дизельного топлива по стандарту евро-5.

Необходимость модернизации ОАО «СНПЗ» в первую очередь обусловлена новым техническим регламентом, принятым правительством, по которому весь выпускаемый в России бензин должен соответствовать стандартам "Евро". Помимо этого переоборудование нефтеперерабатывающего завода будет направлено на повышение общей глубины переработки нефти и на изменение структуры выпускаемых продуктов (увеличится объем светлых нефтепродуктов). В связи с понижением налогообложения нефтяных компаний в рамках стимуляции развития переработки, производство и продажа нефтепродуктов будут гораздо более выгодны, нежели экспорт сырой нефти.

Разработка комплексной программы модернизации завода является долгосрочным проектом. Осуществление инвестиций на строительство установок изомеризации планируется на 2011-2015 гг., на строительство установки на 2011-2014 гг. Привлекательность проекта заключается в поэтапном вводе инвестиций, что предполагает получение доходов до завершения всех запланированных инвестиций. Проект строительства установки изомеризации окупается на 7 году после начала его реализации. Проект строительства установки гидроочистки окупается на 5 году после начала его реализации. Проекты будут реализованы полностью за счет собственных средств.

При проведении оценки коммерческой эффективности комплексной программы модернизации завода было установлено, что чистый дисконтированный доход составит 15 675 152 тыс. руб., а внутренняя норма доходности – 59%, при заданной ставки дисконта в размере 15%. Индекс доходности дисконтированных инвестиций составит 2,93 руб., что является положительным моментом для проекта, поскольку каждый вложенный рубль приносит предприятию 1,93 руб. прибыли. Рассчитанные показатели свидетельствуют об эффективности данной программы и целесообразности ее реализации.

Таким образом, предлагаемая комплексная программа модернизации ОАО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод» является актуальной как для предприятия, так и для страны в целом, поскольку способствует прогрессу в нефтеперерабатывающей отрасли, связанного с производством качественного топлива по европейским стандартам, а, следовательно, улучшением экологической обстановки в стране.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ГАЗА В КАМЕРАХ СУХОГО ТУШЕНИЯ КОКСА

Збыковский Е. И., Голубев А. В., Топоров А. А., Дюбанов А. В.
Донецкий национальный технический университет

Проведено компьютерное моделирование движения охлаждающего газа в камере сухого тушения кокса с использованием прикладного программного пакета. Показана возможность использования этого пакета при исследовании вновь разрабатываемых газораспределительных устройств для установок сухого тушения кокса.

На кафедре химической технологии топлива ДонНТУ ведутся работы по созданию новых вариантов конструктивного оформления сухого тушения кокса, призванных устранить один из главных недостатков эксплуатируемых в настоящее время промышленных установок сухого тушения кокса (УСТК) – снижение интенсивности теплообмена вследствие неравномерности распределения потоков кокса и охлаждающего газа по сечению камеры.

Провести физическое моделирование всех возможных технических и технологических решений затруднительно, а зачастую и невозможно. Это связано с тем, что для экспериментальной проверки каждой новой идеи необходимо создание новой опытной установки или существенная доработка уже существующей, что требует значительных затрат материальных ресурсов и времени, кроме того необходимы значительные затраты времени собственно на проведение исследования.

Компьютерное моделирование позволяет обойти эти трудности и изучить влияние различных изменений в конструкции аппарата на технологический режим с минимальными затратами материальных ресурсов и времени. В практике проектирования различных технических систем широкое применение различные программные пакеты. Поэтому нами было проведено моделирование движения охлаждающего газа в камере сухого тушения кокса.

Для решения поставленной задачи возможно использование большого количества программ, применяющих различные методы. Среди них одной из ведущих является Solid Works Flow Simulation. Этот пакет базируется на последних достижениях вычислительной газо- и гидродинамики и позволяет рассчитывать широкий круг различных течений: двумерные и трехмерные, ламинарные, турбулентные и переходные, несжимаемые,

сжимаемые в каналах и/или вокруг тел, с учетом гравитации, пограничного слоя т. д. В качестве условий однозначности, геометрических и граничных условий могут быть заданы приточные или вытяжные вентиляторы, температура, тепловые потоки.

Для моделирования нами была создана трехмерная сборка камеры тушения в масштабе 1:1. Граничные и начальные условия задавались, исходя из данных по промышленной эксплуатации УСТК: расход охлаждающего газа (воздуха) на входе в газовую систему колпака и периферийных ходов в количестве $35,2 \text{ м}^3/\text{с}$ ($76948 \frac{\text{нм}^3}{\text{ч}}$), при температуре 200°C и давлении 102306 Па ; температура газа на входе в косые хода 800°C и давление 100344 Па .

Для моделирования коксовой засыпки было создано пористое тело: для материала находящегося в центральной части камеры была задана порозность $0,531$ в то время как в пристеночных участках это значение указывалось на 10% выше с учетом естественной сегрегации кокса; потери давления в слое кокса задавались по формуле рекомендованной Гипрококсом: $\frac{dP}{dH} = \zeta * \frac{\rho\omega^2}{2}$ где ζ - эмпирический коэффициент сопротивления элементарного слоя кокса.

Поэтому объемное расширение газа вследствие увеличения его температуры при прохождении через слой кокса моделировалось следующим способом. Объем порозного тела разбивался на 7 слоев, высотой в 1 метр. Каждый слой, помимо характеристики порозного материала, задавался как тело с бесконечно большим коэффициентом теплопередачи, теплоемкостью и средневзвешенной температурой, характерной для кокса в промышленной камере. Газ, проходя через эти слои, нагревался, увеличивая свой объем и скорость.

Полученные результаты показали, что в центре камеры имеется значительный объем коксовой засыпки в форме конуса, не продуваемый охлаждающим газом, что соответствует данным промышленной эксплуатации. Распределение скоростей по периферии камеры также совпадает со сложившимися представлениями о движении газов в камере сухого тушения

Результаты расчета на компьютерной модели совпадают с данными о работе промышленной камеры, поэтому возможным является проведение моделирования движения охлаждающего газа в экспериментальных установках предлагаемых кафедрой, для выяснения оптимальной конструкции камеры тушения.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОТОКА ОХЛАЖДАЮЩЕГО ГАЗА ДЛЯ КАМЕРЫ СУХОГО ТУШЕНИЯ КОКСА С НОВЫМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Голубев А. В., Збыковский Е. И., Голуб О. Ю.
Донецкий национальный технический университет

Предложена новая конструкция газораспределительного устройства для камеры сухого тушения кокса. Проведены ее исследования на физической модели. Объем застойных зон по охлаждающему газу в камере тушения предлагаемой конструкции значительно меньше, чем в промышленных установках сухого тушения кокса.

Установки сухого тушения кокса позволяют значительно уменьшить техногенную нагрузку на окружающую среду по сравнению с мокрым тушением, улучшить качество кокса, полезно использовать тепло раскаленного кокса. Однако эксплуатируемым в настоящее время установкам присущ ряд недостатков, основными из которых являются высокая капиталоемкость строительства и потери кокса вследствие его взаимодействия с окислительными компонентами охлаждающего газа («угар»). В значительной мере указанные недостатки обусловлены низкой интенсивностью теплообмена между коксом и охлаждающим газом в промышленных камерах [1]. Основной причиной снижения интенсивности теплообмена является неравномерность распределения потоков кокса и газа в поперечном сечении камеры тушения, являющаяся во многом следствием несовершенства газораспределительного устройства.

Первоначально в камере сухого тушения кокса Гипрококса охлаждающий газ подводился через периферийные распределительные каналы и центральное дутьевое устройство. В проекте, реализованном на ОАО «Алчевскокс», от периферийной подачи теплоносителя отказались. Возле стен камеры кокс двигается достаточно медленно и успевает охладиться за время контакта с охлаждающим газом. В центре камеры имеется значительный объем в форме конуса, не продуваемый охлаждающим газом. Температура кокса в этом объеме уменьшается незначительно и кокс практически неохлажденным доходит до уровня дутьевого устройства, и только в нижней части камеры тушения он начинает контактировать с циркулирующим газом. Наличие раскаленного кокса в нижней части камеры тушения и малое время его контакта с охлаждающим газом вынуждают увеличивать расход охлаждающего газа по сравнению с теоретически необходимым. Это приводит к увеличению

гидравлического сопротивления системы и расхода электроэнергии. Кроме того, практически по всей высоте камеры тушения имеются куски с высокой температурой, что приводит к увеличению угара.

При совершенствовании дутьевого устройства необходимо исходить из обеспечения движения газа таким путем, который максимально уменьшает объем непродуваемого конуса в центральной части камеры.

Нами для ввода охлаждающего газа по сечению камеры предложено применять систему каналов, образованных внутренней поверхностью нескольких балок небольшого по сравнению с установкой размера, размещенных равномерно в нижней части камеры тушения в один или несколько рядов.

Для исследования структуры потока газа в камере тушения с предлагаемым распределительным устройством была создана физическая модель камеры сухого тушения. При проведении эксперимента исходили из того, что наиболее полную информацию о гидродинамической структуре потока можно получить, если известна мгновенная скорость потока в любой точке аппарата или его модели, т. е. известно поле скоростей в потоке [2]. Сооружение опытной установки и исследования проводили с учетом требований теории подобия [3]. Испытания проводили на коксовом «орешке» (фракция валового кокса 10-25 мм). Это обеспечивает соответствие формы каналов, по которым движется газ в опытной установке, форме каналов в промышленном агрегате, что позволяет добиться геометрического подобия каналов.

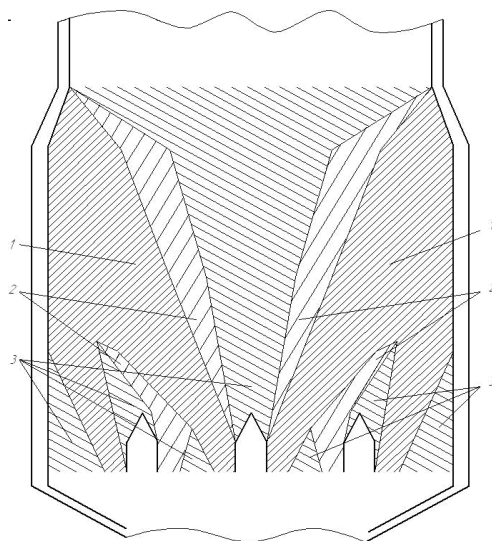


Рисунок 1 – Расположение застойных зон в камере тушения предлагаемой конструкции для центрального сечения: 1 – хорошо продуваемая зона ($\vartheta > 0,8$); 2 – зона с пониженной скоростью охлаждающего газа ($0,5 < \vartheta \leq 0,8$); 3 – плохо продуваемая охлаждающим газом зона ($\vartheta \leq 0,5$).

Результаты моделирования для центрального сечения предлагаемого устройства приведены на рисунке, v - безразмерная скорость, равная отношению скорости в данной точке к максимальной скорости в данном сечении.

Исследования на модели подтверждают большую эффективность предлагаемой конструкции по сравнению с традиционным дутьевым устройством. Эффективность предлагаемого устройства по сравнению с традиционным достигается за счет двух факторов:

- уменьшение нижнего основания непродуваемого конуса вследствие уменьшения размеров газоподающего устройства по оси камеры;
- некоторое искривление траектории движения потока охлаждающего газа в центральной части в сторону оси камеры благодаря созданию своеобразного аэродинамического затвора потоками, подаваемыми через крайние балки.

Список литературы

1. Старовойт А. Г. Кинетика движения и характер охлаждения кокса в камере УСТК / Старовойт А. Г., Анисимов В. А., Гончаров В. Ф. // Кокс и химия. – 1990. – №3. – С. 9-10.
2. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии / Дытнерский Ю. И. – М.: «Химия», 2002. – 400 с. – (Изд. 3-е. В 2-х кн.: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты).
3. Гречко А. В. Практика физического моделирования на металлургическом заводе / Гречко А. В., Нестеренко Р. Д., Кудинов Ю. А. – М.: Металлургия, 1976. – 224 с.

УДК 61.01.92

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ НАРАСТАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВЗРЫВА НАНОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ

Клевлеев В.М., Минаев Д.С.

Московский государственный университет инженерной экологии

Статья содержит сведения о зависимости показателей пожаровзрывоопасности пылей от эквивалентного диаметра частиц. Приведены теоретические предпосылки к изменению показателей при уменьшении размера дисперсной фазы аэрозоля до размеров «нано», а также экспериментальные данные, позволяющие произвести сравнение значений P_{max} , $(dP/dt)_{cp}$, $(dP/dt)_{max}$ для аэрозолей микро- и наночастиц органических веществ. Приведен краткий анализ и вывод по полученным данным.

В основе методов обеспечения пожаровзрывобезопасности на производстве лежит знание опасных свойств веществ и материалов.

Большое развитие нанотехнологий в последние десятилетие ставит одной из задач определение показателей пожаровзрывоопасности нанодисперсных материалов с целью сравнения данных с известными значениями показателей тех же веществ в виде микродисперсных порошков и, в случае необходимости, формирования рекомендаций и правил к организации особых мер по обеспечению безопасности технологического процесса.

Существует ряд причин того, что нанодисперсные порошки опаснее аналогичных порошков с частицами микромасштаба:

- меньший удельный вес (наночастицы проще формируют аэрозоль и дольше остаются во взвешенном состоянии);
- развитая площадь удельной поверхности (частицы наноразмера активнее вступают в химические реакции);
- большое количество поверхностных атомов, определяющих поведение частицы в целом и способствующих проявлению известными материалами «уникальных» свойств [1, с. 13-15].

Исследование пылей в привычном для этого понятия смысле [2 п. 1.3] показало, что размер частиц является одним из определяющих параметров влияния на характер химической реакции окисления аэрозвеси и значения показателей пожаровзрывоопасности [3; 4]. Согласно экспериментальным данным уменьшение эквивалентного диаметра частиц с 500 мкм до 5 мкм приводит к росту максимального давления взрыва (P_{max}) и скорости нарастания давления (dP/dt), к уменьшению энергии зажигания пылевоздушной смеси (W_{min}), к снижению нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР) в диапазоне размеров частиц от 500 мкм до 75 мкм и незначительному повышению НКПР в диапазоне от 75 мкм до 5 мкм, к уменьшению минимального взрывоопасного содержания кислорода (O_{2min}).

В целях проведения качественной и количественной оценки изменения показателей пожаровзрывоопасности аэрозвесей микро- и нанодисперсных порошков был организован эксперимент на модифицированной установке «Универсал», соответствующей по технологическому исполнению и прошедшей проверку на работоспособность по стандартному веществу (ликоподию) согласно [2].

Взрывная камера представляет собой стальной цилиндрический сосуд объемом 4,25 л, источником зажигания смеси служит спираль накаливания с температурой 1050 °С, источником распыления служит воздух, предварительно нагнетенный в ресивер. Регистрация данных производится с помощью малоинерционного датчика давления, способного работать в диапазоне частот 650 Гц с максимальным пределом измерения 1,6 МПа по избыточному давлению.

Объектами исследования были выбраны представители органических веществ, как наиболее распространенные в различных отраслях промышленности, связанных с производствами, в которых присутствуют мелкодисперсные вещества (с/х, фармацевтика, производство взрывчатых веществ и др.): резорцин ($C_6H_6O_2$), уротропин (гексаметиленetetрамин, $(CH_2)_6N_4$) и лактоза ($C_{12}H_{22}O_{11}$) (рис. 1).

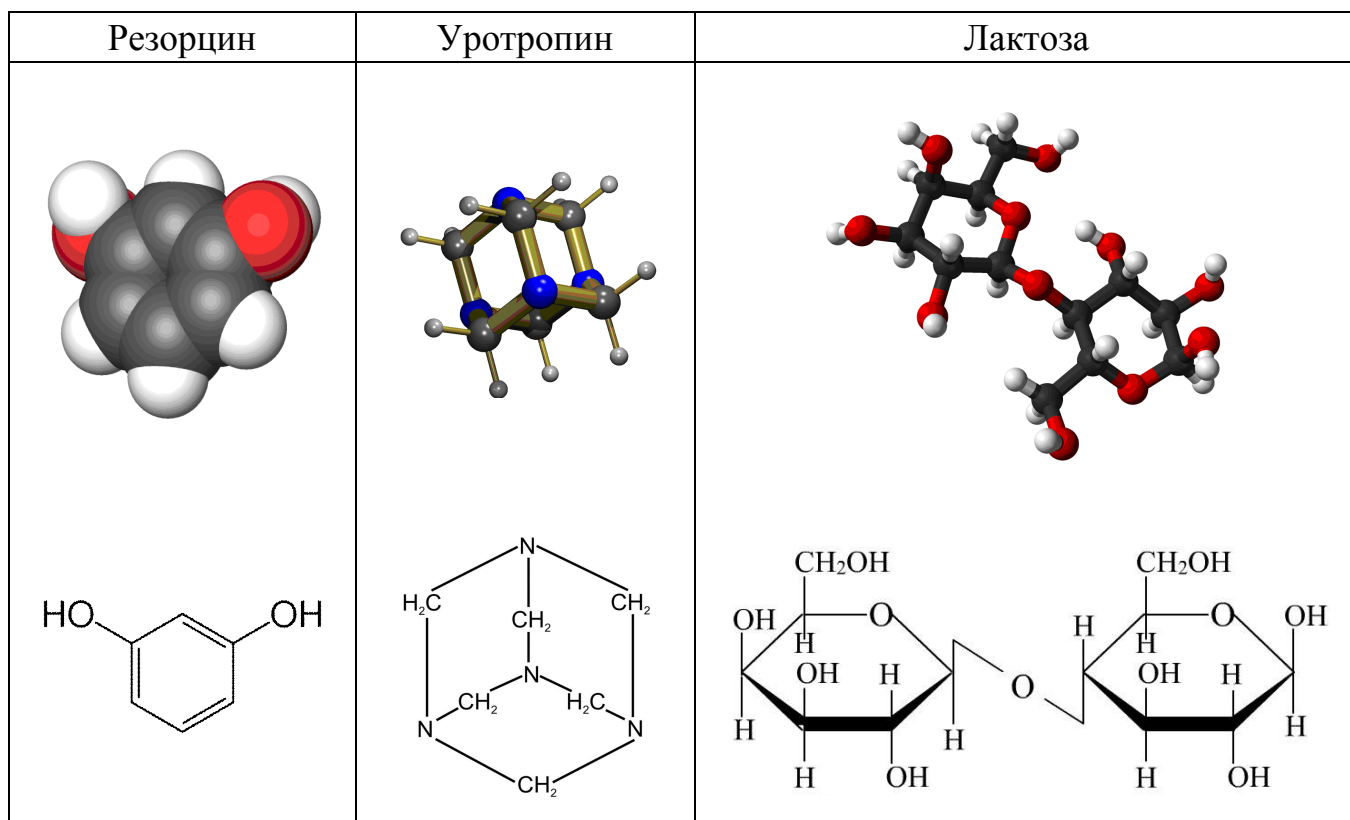


Рисунок 1 - Химические формулы исследуемых веществ

Для проведения эксперимента были подготовлены микродисперсные (до 90 мкм) и нанодисперсные (до 200 нм) фракции веществ (данные по среднему размеру частиц в исследуемой фракции приведены в таблице 1). В эксперименте принимали участие вещества одной партии с минимальным значением влажности (до 0,3 %); химический состав подтверждался паспортом поставщика.

Анализ справочных данных по пожаровзрывоопасным свойствам исследованных веществ [5] показал, что все они являются взрывоопасными с относительно низким концентрационным пределом начала распространения пламени (15 г/м^3 ; 60 г/м^3 ; 35 г/м^3 в соответствии с порядком упоминания) [6 п. 7.3.17].

В результате эксперимента для микродисперсных и нанодисперсных порошков резорцина, уротропина и лактозы были определены значения P_{\max} , $(dP/dt)_{\text{ср}}$ и $(dP/dt)_{\text{max}}$ (табл.).

Примечание к таблице: P_{\max} , $(dP/dt)_{\text{cp}}$ и $(dP/dt)_{\text{max}}$ – имеются ввиду максимальные и средние значения, полученные в диапазоне исследуемых концентраций; фракция микродисперсного порошка не содержала частиц размером больше 90 мкм.

Как видно из полученных данных величина P_{\max} для аэровзвесей частиц микро и нано размеров остается примерно одинаковой, а максимальная и средняя скорости нарастания давления увеличиваются с уменьшением размера частиц.

Таблица. Экспериментальные данные

Наименование вещества	Средний размер частиц порошка	Влажность, %	P_{\max} , кПа	$(dP/dt)_{\text{cp}}$, МПа/с	$(dP/dt)_{\text{max}}$, МПа/с
Резорцин:					
микродисперсный	75 мкм	0,10	546	39,4	97,4
нанодисперсный	113 нм	0,18	542	53,2	135,0
Уротропин:					
микродисперсный	75 мкм	0,20	640	41,8	135,0
нанодисперсный	104 нм	0,11	617	62,5	165
Лактоза:					
микродисперсная	74 мкм	0,10	459,75	6,46	16,35
нанодисперсная	45,8 нм	0,30	–	–	–

Сравнение численных значений средней и максимальной скорости нарастания давления для аэровзвеси нанопорошков показывает увеличение показателей $(dP/dt)_{\text{cp}}$ и $(dP/dt)_{\text{max}}$, соответственно, на:

- 35 % и 39 % – для резорцина;
- 50 % и 22 % – для уротропина.

Сравнение скорости нарастания давления и величины максимального давления взрыва для лактозы нано и микро размеров не получено, т.к. ни одна проба во всем диапазоне концентраций лактозы нанодисперсного состояния (от 20 г/м³ до 460 г/м³) не воспламенилась; при этом начало воспламенения для проб лактозы микродисперсного состояния было отмечено при концентрации 330 г/м³ (данная концентрация существенно выше справочной, однако может быть оправдана для вещества данной партии и данного производителя).

Полученные данные для порошков резорцина и уротропина можно объяснить следующим образом. Увеличение максимального давления взрыва в нанодиапазоне не наблюдалось, так как для данных веществ сгорание в полном объеме каждой частицы (весь

энергетический потенциал) происходит уже при размерах частиц порядка 10÷100 мкм. Скорость нарастания давления увеличивается, так как наноаэрозоль дольше остается во взвешенном состоянии, имеет меньший удельный вес по сравнению с частицами крупной фракции (до момента зажигания частицы не успевают осесть на поверхность), частицы наноаэрозоли имеют большую площадь удельной поверхности, что делает их химически активнее, наряду с этим маленький объем отдельной частицы, способствует сокращению времени на прогрев и пиролиз частиц, а сам процесс сгорания становится все более подобным объемному горению газов.

Результаты исследований подтверждают существующие представления об изменении показателей пожаровзрывоопасности аэрозолей при уменьшении размера частиц; позволяют судить о том, что для органических аэрозолей наночастиц величина максимального давления взрыва практически не изменится, а скорость нарастания давления продолжит увеличиваться. Таким образом, на производствах получения/применения нанодисперсных материалов следует предусматривать повышенные требования к устройствам аварийной разгерметизации для обеспечения своевременного сброса избыточного давления взрыва пылевоздушной массы.

Список литературы:

- 1 Генералов М.Б. Кримохимическая нанотехнология: Учеб. пособие для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 325 с.: ил.
- 2 ГОСТ 12.1.044-89 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».
- 3 Rolf K. Eckhoff //Dust Explosions in the Process Industries: Elsevier Science, USA, 2003, 720 pages.
- 4 Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли. – М.: Химия, 1986. 216 с.
- 5 Корольченко А.Я., Корольченко Д.А.. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч.1 – 713 с; Ч.2 – 774 с.
- 6 Правила устройства электроустановок. Издание 6-е, переработанное и дополненное с изменениями. – М.: Главгосэнергонадзор России, 1998.
УДК 57.083.1:576.8.093

АЛКАНОКИСЛЯЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ АКТИВНОГО ИЛА

Орлова Е.В., Купрюхина А.В.

Московский государственный инженерной экологии

Из активного ила выделено 3 штамма алканокисляющих микроорганизмов методом многократных пассажей на жидкой среде с сырой нефтью. Проведена сравнительная оценка роста выделенных в чистую культуру штаммов на среде с различными источниками углеводов. Показано, что штаммы дрожжей накапливают больше биомассы в среде с различными фракциями n-алканов, а штамм бактерий – на среде с дизельным топливом. Степень утилизации нефти дрожжевой культурой достигала 53%.

Нефть и нефтепродукты относятся к токсикантам, подавляющим почвенную микрофлору, воздушный и гидрологический режим окружающей территории. Проблемы нефтезагрязнения характерны не только для районов нефтедобычи и переработки нефти. Любой город или район может столкнуться с этой проблемой в результате транспортировки, переработки, наличия бензоколонок, автомоек и др.

К методам, позволяющим снизить концентрацию загрязнителя в окружающей среде, является интродукция активных нефтеокисляющих микроорганизмов.

Целью работы является выделение активных алканокисляющих микроорганизмов из активного ила.

Для получения накопительной культуры углеводородокисляющих микроорганизмов использовали активный ил, взятый из Курьяновских очистных сооружений, которым инокулировали жидкую минеральную среду с 2% сырой нефти. Культивирование проводили в колбах на качалке 7 суток. 10 мл накопительной культуры переносили в свежую среду. Таким образом повторяли культивирование 3 раза. Выделение чистых культур дрожжей осуществляли стандартным способом на среде с сусло-агаром, а бактерий – на МПА. Были отобраны 2 штамма дрожжей и 1 штамм бактерий.

Алканокисляющую активность отобранных штаммов определяли по накоплению биомассы на минеральной среде с различными источниками углеводов (n-парафины различных фракций и дизельное топливо). Опыты проводили в колбах Эрленмейера объемом 750 мл при встряхивании на качалке. Объем

среды в колбах – 100 мл. Источники углерода добавляли в количестве 1% (об.). Биомассу микроорганизмов определяли по оптической плотности на фотоэлектроколориметре КФК-2 со светофильтром 540 нм. Измерения производили с разведением культуры до оптической плотности, не превышающей 0,7.

Результаты накопления биомассы дрожжевыми культурами представлены на рис.1 и табл.1. Максимальное количество биомассы было накоплено дрожжевой культурой шт.1 при выращивании на среде с н-алканом фракции C₁₄ – C₁₇ (D=19,6), а минимальное – на среде с дизельным топливом (D=2,4). Дрожжевая культура шт.3 имела не столь высокие показатели роста на среде с н-алканами (D=9,0), а на среде с дизельным топливом еще слабее (D=0.49).

Таблица 1. Оптическая плотность биомассы дрожжей шт.1 при выращивании на среде с различными источниками углеводов

Фракции углеводов	0 сутки	4 сутки
Парафин C ₁₄ -C ₁₇	0,23	19,6
Парафин C ₈ -C ₁₃	0,23	9,6
Парафин C ₉ -C ₂₀	0,23	11,2
Дизельное топливо	0,23	2,4

Таблица 2. Оптическая плотность биомассы дрожжей шт.3 при выращивании на среде с различными источниками углеводов

Фракции углеводов	0 сутки	2 сутки	5 сутки	7 сутки
Парафин C ₁₄ -C ₁₇	0,21	2,1	4,0	6,0
Парафин C ₈ -C ₁₃	0,21	5,6	5,0	9,0
Парафин C ₉ -C ₂₀	0,21	0,30	0,38	0,50
Дизельное топливо	0,21	0,30	0,42	0,49

Данные по выращиванию бактериальной культуры шт.2 представлены в таблице 3.

Таблица 3. Оптическая плотность биомассы бактерий шт.2 при выращивании на среде с различными источниками углеводов

Фракции углеводов	0 сутки	7 сутки
Парафин C ₁₄ -C ₁₇	0,10	0,14
Парафин C ₈ -C ₁₃	0,10	0,27
Парафин C ₉ -C ₂₀	0,10	0,22
Дизельное топливо	0,10	0,29

Наибольшую биомассу бактерии накопили на среде с дизельным топливом, а наименьшую на среде с n-парафином фракции C₁₄-C₁₇.

Для определения степени утилизации нефти использовали гравиметрический метод определения углеводов с экстракцией хлороформом и отгонкой в вакуум-ротормном испарителе. Эксперименты проводили с добавлением в минеральную среду 1% (об.) сырой нефти. Посевную культуру наиболее активного штамма дрожжей выращивали на среде с различными источниками углеводорода. Выращивание проводили при встряхивании на качалке в течение 7 суток. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4. Степень потребления нефти дрожжевой культурой шт.1, выращенной на среде с различными источниками углеводов

Фракции углеводов	Степень потребления нефти, %
Парафин C ₁₄ -C ₁₇	47,66
Парафин C ₈ -C ₁₃	48,03
Парафин C ₉ -C ₂₀	53,77
Дизельное топливо	17,86

Данные табл. 4 показывают, что посевной материал для биодegradации взятого образца нефти (МНПЗ, 2008г.) предпочтительно использовать в качестве источника углевода n-парафин фракции C₉-C₂₀.

Таким образом, из активного ила было выделено 3 штамма алканокисляющих микроорганизмов. Показано, что дрожжевые культуры дают больший прирост биомассы на среде с n-парафинами. Причем дрожжевая культура шт.1 оказалась наиболее активной. Штамм бактерий показал лучший прирост биомассы на среде с дизельным топливом. Степень биодegradации сырой нефти дрожжевой культурой шт.1 составила 53%.

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Парамонов Е.А., Зубов Д.В.

Московский государственный институт инженерной экологии

Рассмотрены некоторые аспекты климатической инженерной инфраструктуры медицинских учреждений.

Аномально жаркая погода в Центральной части России в летом 2010 г., в сочетании с дымом от природных пожаров, убедительно показала необходимость срочного оснащения медицинских учреждений современными климатическими системами – системами вентиляции и кондиционирования. Массовость учреждений подразумевает формализацию и типизацию функций и способ их реализации, который при необходимости можно адаптировать под условия конкретного региона и учреждения.

Основные требования, предъявляемые к системам, вентиляции и кондиционирования воздуха отопления в помещениях, следующие:

- Поддержание оптимальных параметров микроклимата помещения (расчетная температура, относительная влажность воздуха, содержание взвешенных микрочастиц пыли).
- Обеспечивать требуемые санитарные и микробиологические параметры воздушной среды помещения (химический и бактериальный состав воздуха и др.).
- Исключать возможность перетекания воздушных масс из грязных зон в чистые помещения.
- Создавать изолированный воздушный режим палат, палатных секций и отделений, операционных и родовых блоков и других структурных подразделений.
- Обеспечивать допустимые уровни шума и вибрации от работы оборудования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.
- Обеспечивать энергоэффективность систем.

В настоящее время в РФ нет единого сложившегося типового решения на такие системы, большинство объектов оснащались системами по индивидуальным проектам, но очевидно, что для массовой реконструкции и строительства такой подход

неэффективен. Очевидным путём является привлечение компаний, обладающих большим опытом проектирования и монтажа систем кондиционирования гражданского и промышленного назначения.

Некоторые требования к поддержанию температуры и качества воздуха в помещениях перинатальных центров приведены в таблице [1]:

Наименование помещения	Расчетная температура, °С	Кратность воздухообмена, м ³ /ч(ч ⁻¹), не менее		Класс чистоты
		Приток	Вытяжка	
Родовое отделение				
Предродовая палата	20 –22	По расчету, но не менее 2	По расчету, но не менее 2	Б
Родильный зал	22 – 24	По расчету, но не менее 10	По расчету, но не менее 10	А
Палата интенсивной терапии	22 – 23	По расчету, но не менее 10	По расчету, но не менее 10	Б
Послеродовое отделение				
После родовая палата	22-23	По расчету, но не менее 10	По расчету, но не менее 10	Б
Палата для новорожденных детей	24-25	По расчету, но не менее 10	По расчету, но не менее 10	Б

При выборе систем кондиционирования для центра, оснащенного современным медицинским оборудованием, и использующего передовые медицинские технологии, предъявлялись достаточно жесткие требования. Во всех помещениях перинатального центра необходимо постоянно поддерживать требуемую температуру воздуха, используемое оборудование должно быть надёжным, простым в эксплуатации, иметь низкий уровень шума и возможность постоянного управления и мониторинга.

Исторически для охлаждения воздуха использовались чиллерные системы, которые к настоящему времени имеют с ряд недостатков, препятствующих их применению:

1. Малая гибкость и сложность реконструкции;
2. Снижение со временем холодильной мощности.

При реконструкции старых корпусов больниц и центров или при приспособлении помещений иного назначения под медицинские цели возникают существенные трудности встраивания коммуникаций систем вентиляции и кондиционирования. Применение систем VRV позволяет снизить сложность монтажа по сравнению с чиллерными системами, тем самым снижая стоимость реализации проекта, обеспечивая гибкость настройки и масштабируемость системы, возможность поэтапного введения в эксплуатацию последовательными сегментами.

Системы VRV обеспечивают рекуперацию тепла, которая достигается путем переноса тепла из охлаждаемых помещений в помещения требующие подогрева, что позволяет снизить коммунальные платежи, что снизит срок окупаемости проекта. Совместное использование систем кондиционирования и установок обеззараживания «позволяет удовлетворить требованиям, предъявляемым к медицинскими учреждениями.

Разумеется, при всей схожести задач, возникающих при строительстве и реконструкции медицинских объектов, у конкретного здания могут быть специфичные потребности, географические и архитектурные особенности, разное целевое назначение. Полное удовлетворение запросам клиента возможно только при совместной работе на этапе составления техзадания и проектирования медика-технолога и инженеров компании — подрядчика.

Список литературы:

1. Борисоглебская А.П. Лечебно-профилактические учреждения. Общие требования к проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. –М.: АВОК-ПРЕСС, 2008

МЕТИНВЕСТХОЛДИНГ. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕТРОСПЕКТИВА АВДЕЕВСКОГО КОКСОХИМЗАВОДА

Власов Г.А., Кауфман С.И.
ПАО «Авдеевский КХЗ»

Представлена ретроспектива важнейших производственных и экологических решений в период становления и развития Авдеевского коксохимического завода и изложены основные принципы реализации экологической политики предприятия на основе природоохранного законодательства Украины.

Авдеевский коксохимический завод - крупнейшее коксохимическое предприятие Европы, которому скоро исполнится 50 лет.

Сегодня этот промышленный гигант занимает территорию площадью 680 га, имеет 84 км внутризаводских железнодорожных путей, более 15 км внешних и 30 км внутренних автомобильных дорог, включает 12 основных, около 20 вспомогательных цехов и более 20 отделов и служб, производит более 20-ти видов товарной продукции, является градообразующим предприятием, обеспечивающим средствами к существованию и социальными гарантиями 4500 работников, а жителей города Авдеевки - многими коммунально-бытовыми услугами.

В составе предприятия девять коксовых батарей разработки «ГИПРОКОКСА» системы ПВР с нижним подводом газа, воздуха и отводом продуктов горения и проектной мощностью 6870 тыс.т кокса в год каждая. Четыре батареи с полезным объемом печных камер 30 м³ и 77-ю печами, две – с объемом камер – 30,3 м³ и 65-ю печами мощностью 690 тыс.т кокса в год; коксовые батареи №№ 7 - 9 имеют полезный объем камеры 41,3-41,6 м³ по 65 печей, производительностью 910 тыс.т кокса в год. Все батареи оборудованы установками сухого тушения кокса УСТК (наряду с мокрым тушением на батареях №№ 1 – 6).

Использование вторичного тепла на УСТК с выработкой пара по параметрам, идентичным параметрам пара, «снимаемого» с поверхностей нагрева энергетических котлов ТЭЦ, позволило создать определенный его избыток по отношению к технологическим потребностям. С помощью турбогенераторов, установленных как в самой ТЭЦ, так и в отдельно расположенном машинном зале, может вырабатываться 50 и более МВт/час электроэнергии, которая полностью может покрывать потребность предприятия в ней, а также передаваться в систему «Донбассэнерго» на нужды региона.

Впервые в Украине на заводе были сооружены закрытые склады угля, состоящие из 32 силосов объемом по 2,5 тыс.т каждый. Применение автоматических дозаторов, устройств для пневматического обрушивания зависания угля в силосах позволило использовать склады в качестве дозирочных отделений для составления шихт. Для облегчения и ускорения разгрузки углей из вагонов в зимнее время построены и работают три гаража размораживания.

На Авдеевском КХЗ впервые осваивались новые химическо-технологические процессы: двухступенчатое первичное охлаждение газа, бессатураторный способ производства сульфата аммония, дальняя газопередача, производство фталевого ангидрида и обогащенного антрацена на базе коксохимического сырья (нафталина и сырого антрацена).

Наивысших производственных и технико-экономических показателей хозяйственной деятельности завод достиг еще в 1990 году, когда производство кокса превысило 6 млн. т в год, углеобогащительная фабрика и некоторые химические цехи работали на проектной мощности. Финансовое состояние завода позволяло расходовать средства по потребности в них.

В последующие годы ухудшение социально-экономического положения в стране сказалось и на производственно-хозяйственной деятельности завода. Прежний экономический механизм практически перестал действовать. Планово-распределительная система была деформирована, а конкурентно-рыночная еще не сформирована. Форсированный слом сложившейся структуры управления экономикой завода грозил потерей управляемости. Либерализация цен, жесткая налоговая и кредитная политика, резкое снижение конкурентоспособности продукции поставили завод на грань банкротства.

В 1993 году решением правительства Украины завод был преобразован в открытое акционерное общество, в котором контрольный пакет акций принадлежал государству. Падение производства продолжалось. Проектные мощности по производству кокса и основных видов химической продукции были загружены на 20-50 %.

На некоммерческих конкурсах под инвестиционные обязательства была открыта продажа акций завода. В течение 1994-1995 гг. значительный пакет акций приобрели крупные производственно-коммерческие фирмы.

В 1996 году состоялось первое собрание акционеров ОАО «АКХЗ», на котором правлением была предложена программа организационно-технических мероприятий, призванных улучшить работу завода.

Помимо реконструкции и модернизации производства, она включала реорганизацию внутризаводского управления, с расширением ремонтных и обслуживающих подразделений завода.

С этой целью были созданы четыре новых цеха: специализированные ремонтные цеха и цех автоматизации технологических процессов и связи.

Постепенно с 1996 года началась стабилизация производства и улучшение технико-экономических показателей.

Главной особенностью последних пятилетий было повышение дисциплины и технического уровня производства, рост заработной платы, улучшение технико-экономических показателей и финансового положения завода и, что особо следует отметить, повышение внимания к экологическим проблемам предприятия.

Имея ограниченные финансовые возможности, завод постоянно ведет работы по техническому перевооружению производства и уделяет большое внимание охране окружающей среды. Характерно, что на АКХЗ с момента его пуска и по настоящее время 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:

- направленные на увеличение выхода и улучшение качества выпускаемого доменного кокса за счет равномерности обогрева печи в зоне крайних отопительных вертикалов;

- с использованием блочной футеровки дверей коксовых печей, которая позволила увеличить срок ее службы, уменьшить газование дверей, улучшить условия труда обслуживающего персонала и в целом экологическую обстановку на предприятии.

За последние пять лет после реконструкции и модернизации введены в эксплуатацию три коксовые батареи. Отличительной особенностью их является применение на двересъемных машинах устройств для подавления выбросов пыли и газа, благодаря чему количество выбросов во время выдачи кокса сократилось наполовину. Для исключения газования на верху батарей применено гидроуплотнение 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.

Монтаж скрубберов Вентури после первичных газовых холодильников дал возможность снизить содержание смолистых веществ и нафталина в коксовом газе, поступающем на улавливание аммиака, увеличить срок службы оборудования и улучшить качество сульфата аммония.

Завод продолжает приобретать современное оборудование зарубежных фирм.

В углеподготовительном цехе N 1 в сентябре 1998 года введены в эксплуатацию две установки немецкой фирмы "AlliedColloidsManufacturingGMBH" 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.

Для охлаждения поглотительного масла, в цехах улавливания установлены теплообменники шведской фирмы «Alfa Laval», 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.

Установленные в химических цехах насосы с механическим уплотнением шведской фирмы «Goulds Pumps» предотвратили попадание перекачиваемых химических жидкостей в окружающую среду.

Центрифуги фирмы Siebtechnik значительно уменьшили выделение паров загрязняющих веществ при центрифугировании сульфата аммония.

Грунтовой каток АММАН (Швеция) обеспечивает необходимую степень уплотнения при складировании породы на породном отвале и бытовых отходов на полигоне.

ЗАВОД ВНЕДРЯЕТ ЭКОТЕХНОЛОГИИ

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.

С 2006 года управляющей компанией становится ООО «Метинвест Холдинг», входящее в группу предприятий SKM, и работа активизировалась.

Компания определила политику в области корпоративной социальной ответственности по таким направлениям:

- корпоративное управление и этика бизнеса;
- условия труда;
- забота об окружающей среде;
- взаимоотношения с местными сообществами;
- социальные инвестиции;
- спонсорство и благотворительность.

Авдеевский коксохимический завод, как предприятие, входящее в группу СКМ, непосредственно участвует в реализации этой политики. Нужно справедливо отметить, что мы не начали решать какие-то новые для себя вопросы. На протяжении своего существования завод во многом определяет уровень жизни и благополучия города Авдеевки. Уникальность завода в том, что он построен на новой площадке, вдали от крупных предприятий и обеспечивает не только собственное производство, но и город и возникшие позже предприятия Авдеевки водой, электроэнергией, паром, теплом, канализационными сетями, осуществляет очистку сточных вод, то есть является в полной мере единственным градообразующим предприятием. Именно завод формирует городской бюджет, а заводская инфраструктура помогает жителям города решать свои социальные и бытовые проблемы, удовлетворять духовные потребности.

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, 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. Все затраченные средства принадлежат ПАО «АКХЗ».

Согласно «Программы реконструкции и технического перевооружения на период до 2010 года» в 2008 году был выдан первый кокс, после реконструкции коксовой батареи №3.

В 2006 году начата промышленная эксплуатация отделения по сгущению и обезвоживанию хвостов флотации (жидких отходов) углеобогатительной фабрики и полностью прекращен сброс отходов в специально возведенный для этой цели шламонакопитель.

До недавнего времени для утилизации отходов использовался шламонакопитель, представляющий собой природную балку, перегороженную плотиной высотой 30 метров и занимающий территорию 118 гектаров. Однако, в связи с ростом объемов производства в 2002-2004 гг., в частности, постоянной работой углефабрики, шламонакопитель практически исчерпал свой ресурс.

Строительство нового шламонакопителя могло решить проблему лишь ситуативно. При этом необходимо было поднять плотину еще на 10 метров, отвести новый участок под загрязнение почвы. В результате - принято решение о строительстве экологически безопасной замкнутой системы по утилизации жидких отходов, при которой из хвостов флотации выделяется твердый остаток – 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 позволило комплексно решить производственные задачи, повысить эффективность и надежность работы АКХЗ: полностью устранена угроза остановки углеподготовительной фабрики, обеспечивающей до половины потребностей завода в шихте, а также берегаются природные ресурсы, возвращая в оборотный цикл 465 м³/час ранее сбрасываемых в шламонакопитель производственных вод. Закрытие шламонакопителя позволит АКХЗ начать переработку накопившихся в нем 6,5 млн. тонн шлама, содержащего большое количество угля, а в дальнейшем рекультивировать территорию шламонакопителя.

В последнем пятилетии на заводе реализована «Программа мероприятий по улучшению очистки коксового газа от сероводорода до 0,5 г/м³ и закрытию циклов конечного охлаждения», разработанная «ГИПРОКОКСОМ».

В 2006 году заводом начата реконструкция системы конечного охлаждения коксового газа в цехах сероочистки №2и улавливания №1, на основе экологически чистой технологии закрытого охлаждения с использованием уникального для Украины оборудования.

Реконструкция была проведена в рамках программы технического перевооружения завода до 2010 года, предусматривающей реконструкцию АКХЗ с учетом международных стандартов в области охраны окружающей среды.

Ранее на заводе коксовый газ охлаждался при непосредственном контакте с технической водой. При этом в воде растворялась часть

содержащихся в горячем газе нафталина, бензола, аммиака, соединений серы и других химических веществ, которые испарялись при последующем охлаждении воды воздухом на градирнях. Для обеспечения экологической защиты, специалистами АКХЗ была разработана технология охлаждения, исключившая контакт газа с водой, что дало возможность исключить попадание вредных веществ в атмосферу на градирнях. В основе технологии лежат компактные трехступенчатые спиральные холодильники шведской компании «Alfa Laval».

На первом этапе, в ноябре 2006 г., система закрытого охлаждения была внедрена в цехе сероочистки №2, что ликвидировало 640 тонн выбросов в год. В 2008 г. природоохранная технология была внедрена в цехе улавливания №1 (ликвидировано 766 тонн годовых выбросов). В 2010 году, благодаря модернизации схемы очистки выбросы в атмосферу на открытых холодильниках АКХЗ были прекращены полностью – ликвидировано еще 765 тонн годовых выбросов.

Закрытая технология охлаждения коксового газа сократила нагрузку на биохимические установки завода, где очищается используемая в технологических процессах вода. Это повысило надежность работы, улучшило качество очистки воды.

Экологический эффект от реконструкции циклов конечного охлаждения газа в целом по заводу составил – снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (бензола, аммиака, цианистого водорода, сероводорода, нафталина, фенола) на 2174 тонн в год.

Экономический эффект:

- снижение обязательных платежей за загрязнение атмосферы на 700 тыс. грн./год;

- предупреждение штрафных санкций за сверхнормативные выбросы на 378 млн. грн.

Достигнутый при реализации проекта результат:

- сокращение потерь бензольных углеводородов;
- отсутствие непосредственного контакта газа с оборотной водой, что не позволяет химическим веществам переходить из коксового газа в воду;

- отсутствие выбросов в атмосферный воздух при охлаждении оборотной воды в градирнях (ликвидированы источники загрязнения атмосферы – градирни конечного охлаждения газа-в двух цехах);

- исключены продувки грязной воды из оборотных циклов на биохимические установки в количестве 80 м.куб./час.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух за последние шесть лет имеют тенденцию к снижению и колеблются в пределах 33 – 12 тыс. т/год, в зависимости от объемов производства кокса и внедрения воздухоохраных мероприятий.

Взаимосвязь выбросов вредных веществ в атмосферу с уровнем производства основной продукции завода – коксом валовым (6% влажности) представлена в таблице и на диаграмме:

	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010г.
Кокс валовый (6% вл.) тыс. тонн	4710,1	3625,0	3208,419	3607,379	3919,681	2797,752	3584,193
Выбросы в атмосферу (всего), тонн	31540,9	23552,1	19313,5	20913,7	18003,8	12164,01	14521,079
Удельные выбросы, кг на 1 тону кокса	6,696	6,497	6,019	5,797	4,593	4,348	4,051

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

На предприятии постоянно реализуются мероприятия по охране и экономии водных ресурсов. Для улучшения эффективности работы водоочистных сооружений (биохимические установки №№ 1, 2, внеплощадочные очистные сооружения) ежегодно проводятся: ремонты аэротенков с заменой системы аэрации и ремонты ливневых бассейнов. Введен в эксплуатацию на биохимической установке №1 предаэротенков, проводятся научно-исследовательские работы по интенсификации активного ила внеплощадочных очистных сооружений и возврату сточных вод после биохимической установки №2 в оборотный цикл и многое другое. Для доочистки сточных вод после очистных сооружений применяется принципиально новый для коксохимических предприятий метод – высшее водное растение – эйхорния, родиной которой является Южная Америка. Эйхорния, поглощая из воды азотсодержащие и органические соединения, увеличила степень очистки воды от азотсодержащих веществ на 15-20%.

В результате многочисленных мероприятий за последние годы заводом сокращено потребление свежей технической воды в три раза за счет использования очищенных сточных вод для пополнения оборотного водоснабжения предприятия.

Авдеевский коксохим является не только сторонником внедрения природоохранных технологий, но и предприятием, которое участвует в формировании государственной экологической политики.

В конце 2005 года завод, в числе других крупных украинских предприятий, посетила Рабочая группа по мониторингу и оценке окружающей среды Европейской комиссии ООН, которая занимается

мониторингом во всех странах Восточной Европы, Кавказа и Средней Азии. Из всех обследованных Еврокомиссией ООН предприятий система экологического мониторинга Авдеевского коксохимзавода заслужила наивысшее признание Рабочей группы. Руководству завода было предложено поделиться своим опытом на 6-й сессии ООН в Женеве.

Сотрудничество с международными организациями, при поддержке Государственного управления охраны окружающей природной среды в Донецкой области позволило заводу стать участником еще одного международного экологического проекта, который проводит Минприроды Украины при поддержке Всемирного банка. Проект направлен на разработку и принятие Концепции реформирования системы природоохранных разрешений, которая обеспечит комплексный подход при определении условий разрешений и последующих инспекционных проверок, гармонизацию природоохранного законодательства Украины с законодательством Европейского Союза, соответствие международным требованиям по экологии и вовлечение в эту работу общественности. Специалистами завода совместно с международными экспертами разработан проект пилотного комплексного природоохранного разрешения комплексного предприятия. Первыми быть всегда и ответственно и тяжело, но мы уверены, что опыт и знания наших специалистов будут достойным вкладом в реформирование государственного природоохранного регулирования.

Инновационные направления развития Авдеевского коксохима невозможно без кадрового потенциала предприятия. И мы хотим здесь особо отметить Донецкий национальный технический университет, который создает все годы бесценную кадровую основу существования предприятия. Сотни специалистов, закончивших ДонНТУ, и сегодня успешно трудятся на инженерных должностях во всех подразделениях завода.

По заочной форме в высших учебных заведениях учатся 211 работников завода.

Завод обеспечивает прохождение производственной практики студентов. Для кафедры машин и аппаратов химического производства ДонНТУ оборудована и оснащена предметная аудитория, где с помощью современных средств студенты могут ознакомиться с последними достижениями в коксохимии.

Мы хорошо осознаем, что без пропаганды высшего образования, без качественной профессиональной подготовки инженерных кадров, инновационные направления развития любого предприятия невозможны.

С 2004 года Авдеевский коксохим совместно с Донецким национальным техническим университетом и Московским государственным университетом инженерной экологии проводит ежегодно

международную научно-практическую конференцию «Экологические проблемы индустриальных мегаполисов». На этих конференциях студенты, научные работники и специалисты завода имеют возможность сделать доклады по внедряемым природоохранным и ресурсосберегающим технологиям и презентовать свои новые разработки.

Ежегодно текущие затраты на содержание производственных фондов природоохранного назначения составляют 70-80 млн. грн. в год. На научно-исследовательские работы в завод направляет 4-5 млн. грн. в год, поддерживая этим научно-исследовательские и проектные институты.

Переступив порог проходной завода нельзя не заметить огромной голубятни с множеством различных пород голубей и живописного живого уголка, в котором прекрасно себя чувствуют «нештатные сотрудники коксохима» - фазаны, павлины, попугаи, гуси, утки и другие экзотические птицы. По их самочувствию можно безошибочно определять 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 как будто бросили вызов общепринятым представлениям о коксохимии и каждым своим днем доказывают, что и на таком экологически опасном производстве можно свести к минимуму наносимый окружающей среде вред.

Успех любого предприятия лишь наполовину зависит от мощностей, ресурсов и рынков. Другая составляющая успеха – наличие руководителей - организаторов, умело мобилизующих коллектив на выполнение производственной программы, строгое соблюдение технологии производства и требований, предъявляемых к качеству продукции, обеспечению ритмичной работы и безопасное ведение работ.

Невозможно назвать всех замечательных людей, тружеников нашего завода, но все-таки назовем некоторых из них, внесших весомый вклад в становление и развитие коксохима. Авдеевские коксохимики помнят всех и благодарны этим руководителям, которые сумели построить и сохранить наш завод:

- первый директор, Герой Социалистического Труда Дмитрий Дмитриевич Воробьев, в честь которого названа улица в городе коксохимиков - Авдеевке и главный инженер – Анатолий Иванович Шевченко;

- руководители завода разных лет: Владимир Владимирович Гармата, Иван Леонтьевич Спесивцев, Александр Петрович Ильин, Зиновий Васильевич Островский, Валентин Васильевич Ильинков, Евгений Александрович Карпухин. Это и первые специалисты завода прошлых лет:

главный механик Трегуб Леонид Израилевич и главный энергетик Тимохин Валерий Иванович, первый начальник ЦЗЛ Комаровский Марк Самойлович, начальники цехов Мурзинов Владимир Николаевич, Сергеев Алексей Петрович и Баланов Виктор Григорьевич (ставшие впоследствии главными инженерами), Дмитриев Николай Николаевич и многих других. К сожалению всех достойных людей перечислить невозможно.

В непростое время нашим производством управляют как опытные специалисты, так и молодые руководители, прошедшие серьезную профессиональную подготовку на заводе. Это заместители директора Г.Е. Плинер, В.Н. Снегирь, В.И. Гаврилюк, В.И. Деревицкий, И.Н. Нудьга, начальник технического отдела Н.П. Скрипченко, начальник ЦЗЛ Г.Г. Клешня, начальник ОТК А.А. Суханов, главные специалисты Е.А. Олейников, Ю.Н. Маляр, В.А. Сивакова, начальники цехов – А.А. Пастернак, В.Ф. Тимошенко, Э.В. Ряполов, Н.А. Митрохин, П.В. Жилавый, А.Н. Суханов, Н.А. Новик, А.А. Заболотников, А.В. Милютин и еще многие десятилетия специалистов, для которых Авдеевский коксохим – второй родной дом, судьба, многие годы жизни.

Сегодня Авдеевский коксохимический завод мощный и надежный партнер угольщиков и металлургов. И в этом немалая заслуга коллективов ученых УХИНа, проектировщиков Гипрококса и специалистов Коксохимстанции.

За достигнутые успехи коллектив завода отмечен высокими наградами: 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 2006г. – был награжден дипломами Государственного управления экологии и природных ресурсов в Донецкой области за отличные показатели в природоохранной работе.

Мы твердо убеждены в одном: только на основе экологической и социальной ответственности наше предприятие может успешно развиваться в бизнесе, создавая для себя положительный имидж и находить понимание в государственных органах и обществе благодаря постоянной заботе о сохранении природной среды и здоровье людей.

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (*BAT – BEST AVAILABLE TECHNOLOGY*) И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ВНЕДРЕНИЯ НА ПАО «АВДЕЕВСКИЙ КОКСОХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

Кирбаба В.В., Кауфман С.И.,

***Малыш А.С., *Борисенко А.Л., *Герман К.Е.**

ПАО «Авдеевский КХЗ», *Украинский научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)

Рассмотрены наилучшие доступные технологии и возможности их внедрения на ПАО «Авдеевский коксохимический завод» для достижения перспективных технологических нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ

Регулирование выбросов, технологические нормативы, коксовые печи, валовые выбросы, наилучшие доступные технологии, модернизация оборудования, снижение выбросов в атмосферу.

Одним из основных механизмов в вопросе регулирования охраны окружающей среды является система разрешений на выбросы загрязняющих веществ, при которых возможна эксплуатация того или иного объекта.

Для получения разрешения на выбросы проводится инвентаризация источников образования и источников выбросов загрязняющих веществ. Затем делается оценка технологических процессов и оборудования с точки зрения возможности снижения либо предотвращения выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду и внедрение новых методов и технологий.

В соответствии с новыми требованиями регулирование выбросов загрязняющих веществ осуществляется комплексно, то есть предприятию устанавливаются нормативы выбросов для стационарных источников, условия ведения технологического процесса для установок и технологического оборудования и при этом должны соблюдаться санитарно-гигиенические нормативы в атмосферном воздухе на границе санитарно-защитной зоны и в зоне жилой застройки вблизи предприятия.

Эти требования вытекают из нормативных документов, утвержденных в Украине, таких как Закон «Об охране атмосферного воздуха» [1], а также Постановлений Кабмина и Приказов Минприроды Украины, с учетом Европейских Директив, ратифицированных Украиной, таких как, Директива 2008/1/ЕС «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений» от 15.01.2008 (введенная вместо Директивы 96/61/ ЕС) [2].

Граничные значения выбросов загрязняющих веществ основываются на внедрении наилучших среди существующих доступных технологий, без

установления необходимости использования одной отдельной технологии, при этом необходимо принимать во внимание технические характеристики объекта, его географическое положение и местные условия окружающей природной среды.

В странах ЕС охрана окружающей среды на коксохимических предприятиях регламентируется Законодательными нормативными документами с учетом внедрения наилучших доступных технологий [3].

В Германии разработаны технические Инструкции, в которых для отдельных операций указаны мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ, сроки их внедрения и рекомендуемые предельно-допустимые значения выбросов.

Предписаниями Инструкции «TA-Luft», (1986 г) [4], с внесенными изменениями в 2001 году предусматривается для коксохимических заводов:

- ограничение содержания общей серы в газе для обогрева коксовых печей до $0,8 \text{ г/м}^3$;

- ограничение содержания оксидов азота (в пересчете на диоксид азота) в отходящих газах обогрева до $0,5 \text{ г/м}^3$ при эталонном содержании кислорода 5%;

- исключение выбросов через крышки загрузочных люков;

- применение водяных уплотнителей (или других эквивалентных мер) крышек стояков, высокоэффективных уплотнителей дверей коксовых печей;

- оснащение машин, обслуживающих печи, механизмами чистки рам дверей;

- отсос всех образующихся при загрузке коксовых печей газов непосредственно через загружаемую или соседнюю печь в газосборник коксовой батареи, а при отсутствии такой возможности – сжигание этих газов (содержание пыли в остаточных выбросах не должно превышать 25 мг/м^3);

- отсос и обеспыливание газов при выдаче кокса (выбросы пыли при этом не должны превышать 5 г/т кокса);

- применение для тушения кокса наиболее экологически чистого процесса сухого тушения (содержание пыли в выбросах не должно превышать 20 мг/м^3); перевод на этот процесс старых заводов при их модернизации.

В настоящий момент в Украине отсутствует реестр наилучших доступных технологий по всем отраслям промышленности, в том числе и в коксохимическом производстве, внедрение которых обеспечит снижение выбросов загрязняющих веществ либо за счет самой технологии непосредственно, либо после соответствующей очистки отходящих газов.

Учитывая тот факт, что Украина является одним из достаточно крупных производителей кокса и имеет 14 коксохимических предприятий, работающих как самостоятельно так и в составе металлургических комплексов, возникла необходимость создания базы наилучших доступных технологий с учетом используемого сырья, технических и экономических возможностей для развития отрасли. В дальнейшем это позволит разработать мероприятия по внедрению наилучших доступных технологий конкретно для каждого предприятия, при подготовке документов обосновывающих объемы выбросов загрязняющих веществ для получения разрешения на выбросы, а также дополнить и внести изменения в технологические нормативы допустимых выбросов для коксовых печей.

По состоянию на 01.01.2010г на ПАО «Авдеевский коксохимический завод» в эксплуатации находится 8 коксовых батарей, общей проектной мощностью 6,18 млн. тонн валового кокса в год 6% влажности. Коксовая батарея № 4 находится на реконструкции.

Средний срок службы действующих коксовых батарей КЦ №1 составляет около 9 лет, КЦ №2-4 около 22 лет. Распределение коксовых батарей по срокам службы и проектным мощностям представлено в таблице 1. [5]. Как следует из данных таблицы 66,5% кокса производится на коксовых батареях со сроком службы свыше 20 лет.

Таблица 1. Распределение коксовых батарей по срокам службы и проектным мощностям.

Срок службы коксовых батарей, лет	Количество коксовых батарей, шт.	Доля в общем количестве коксовых батарей, %	Проектная мощность коксовых батарей, тыс.тонн/год	Доля в общей проектной мощности, %
<= 5	1	12,5	690	11,17
> 5 <= 10	1	12,5	690	11,17
> 10 <= 15	1	12,5	690	11,17
> 20 <= 25	5	62,5	4 110	66,50
Итого > 20	5	62,5	4 110	66,50
Всего	8	100	6180	100

Фактические валовые выбросы загрязняющих веществ ПАО «Авдеевский коксохимический завод» (по 2ТП-воздух) за 2007-2010 гг представлены в таблице 2.

Таблица 2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу ПАО «Авдеевский коксохимический завод»

Год	Производство кокса 6% влажности, тыс.т	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, т	Удельные выбросы, кг/т
2007 г.	3 607,38	20913,74	5,797
2008 г.	3 919,70	18003,82	4,593
2009 г.	2 799,00	12164,01	4,346
2010 г.	3 585,10	14521,08	4,050

Согласно приведенным данным удельные выбросы загрязняющих веществ за последние годы снизились с 5,797 до 4,050 кг/т кокса. Такое снижение было достигнуто благодаря целенаправленной экологической политике предприятия и постоянному внедрению природоохранных мероприятий.

При разработке обосновывающих документов для получения разрешения на выбросы ПАО «Авдеевский коксохимический завод» нами был проведен сопоставительный анализ технологического уровня предприятия с наилучшие доступные технологии ЕС (**BAT**).

Наилучшие доступные технологии, рекомендуемые для внедрения на зарубежных коксохимических заводах идентичны технологиям, которые внедряются на ПАО «Авдеевский коксохимический завод» для снижения выбросов загрязняющих веществ. Так, за последние годы на заводе был внедрен ряд крупных природоохранных мероприятий, таких как: очистка коксового газа от сероводорода до 0,5 г/м³, закрытие цикла конечного охлаждения коксового газа, ликвидация свечей форкамер УСТК и много других менее крупных, но не менее значимых с точки зрения снижения выбросов в атмосферный воздух мероприятий.

В стадии внедрения на ПАО «Авдеевский коксохимический завод» находятся следующие природоохранные мероприятия:

- реконструкция ГОУ УСТК с установкой системы дожигания оксидов азота;
- установка ГОУ в помещениях грохотов и на перегрузочных станциях;
- внедрение пылеподавления при погрузке кокса в вагоны;
- реконструкция уже имеющихся ГОУ с достижением значений, соответствующих нормативным требованиям;
- объединение воздушников емкостей и хранилищ в коллекторную систему;
- установка системы сбора и охлаждения выбросов с пропарки цистерн.

Также на предприятии проводится текущий ремонт печных камер, для устранения прососов сырого коксового газа из камеры в отопительную систему. Производится замена старого оборудования на новое, отвечающее современным требованиям, проводится своевременная наладка работающего оборудования, что обеспечивает соблюдение

текущих технологических нормативов допустимых выбросов от установок и оборудования на всем предприятии.

УХИНОм разработаны технологические нормативы допустимых выбросов для коксовых печей, в которых предусмотрены текущие и перспективные нормативы [6].

Для достижения и исключения превышений перспективных технологических нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ на ПАО «Авдеевский коксохимический завод» требуется до 2020 года произвести реконструкцию коксовых батарей №5-9, срок эксплуатации которых на данный момент превышает 20 лет. При строительстве или реконструкции коксовых батарей должны быть предусмотрены новые технологии и природоохранные мероприятия, относящиеся к **ВАТ** - технологиям такие как:

- увеличений высоты и ширины камер печей коксовой батареи;
- поэтапный (ступенчатый) подвод воздуха в камеру сгорания для снижения образования оксидов азота;
- регулирование давления в печах во время коксования – система PROven;
- использование более тонких кирпичей и термостойкой кладки с лучшей теплопроводностью;
- применение компьютерных систем для вычисления объема тепла, требуемого для каждой батареи;
- оборудование коксовой батареи автоматической системой загрузки шихты и выдачи кокса;
- оборудование коксовых батарей стационарными установками беспылевой выдачи кокса с очисткой выбросов от пыли в рукавных фильтрах;
- использование пружинных, гибких герметизирующих дверей усовершенствованной конструкции;
- тушение кокса очищенной сточной водой с установкой в башнях тушения каплеотбойников, либо применение новых методов тушения кокса, которые позволяют уменьшить каплеунос и объем испаряющейся воды – например, подача воды сверху и снизу тушительного вагона и др.;
- применение эффективных пылегазоочистных установок в отделениях подготовки угля и сортировки кокса;
- а также внедрение других технологий, позволяющих с оправданными финансовыми затратами обеспечить снижение выбросов загрязняющих веществ.

Для контроля выбросов загрязняющих веществ дымовые трубы коксовых батареи должны быть оборудованы газоанализаторами, обеспечивающими непрерывный мониторинг, системами видеомониторинга для контроля выбросов загрязняющих веществ от неорганизованных источников и др.

Мировые тенденции дальнейшего развития коксохимического производства сводятся к использованию для производства кокса коксовых реакторов вместо многокамерных коксовых печей. Эти системы позволяют сократить количество источников выбросов, сократить количество печевыдач кокса, расширить ассортимент применяемого угля и др. Реконструкция существующих коксовых батарей с комплексом природоохранных мероприятий и внедрение газоочистных систем позволит обеспечить соблюдение технологических нормативов выбросов загрязняющих веществ и в целом в значительной степени улучшить качество атмосферного воздуха.

Выводы: На ПАО «Авдеевский коксохимический завод» постоянно внедряются новые технологии и природоохранные мероприятия, обеспечивающие снижение выбросов загрязняющих веществ.

Наличие устаревшего печного фонда ограничивает внедрение современных технологий на коксовых батареях, тем самым, сужая возможности внедрения **BAT** – технологий.

При модернизации и реконструкции коксовых печей на стадии проекта необходимо применение наилучших доступных технологий, которые позволят снизить выбросы загрязняющих веществ до нормативных величин, экономично использовать сырье и энергоресурсы.

Список литературы:

1. Закон Украины «Об охране окружающей природной среды» Постановление ВР Украины от 26.06.1991 г № 1268-ХІІ (с изменениями и дополнениями);
2. Директива 2008/1/ЕС « О комплексном предотвращении и контроле загрязнений» от 15.01.2008 (введена вместо Директивы 96/61/ЕС);
3. Наилучшие зарубежные технологии по снижению выбросов загрязняющих веществ на коксохимических заводах (Best Available Technique Reference Document On the production of Iron and Steel/ December 2001);
4. Техническая инструкция по контролю качества воздуха, TA – Luft, 1986 г с изменениями от 27.07.2001 г., BGBl I, Bundesgesetzblatt. – 1950 с/
5. «Анализ состояния и учет печного фонда и основных цехов коксохимических предприятий Украины (по состоянию на 01.01.2010 года), Харьков, Государственный институт по проектированию предприятий коксохимической промышленности «ГИПРОКОКС», 2010г.
6. д.т.н. Васильев Ю.С., к.т.н. Малыш А.С., к.т.н. Борисенко А.Л., Герман К.Е. «О внедрении технологических нормативов выбросов на коксовых печах и мероприятия по их достижению», УглеХимический журнал 3-4 , 2010 г., стр. 104-110.

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТАДИИ ОЧИСТКИ СМОЛЫ ОТ НЕРАСТВОРИМЫХ В ХИНОЛИНЕ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОПИТОЧНОГО ПЕКА

Скрипченко Н.П., *Чешко Ф.Ф., к.т.н., *Банников Л.П., к.т.н.
ПАО «Авдеевский КХЗ», *Украинский научно-исследовательский
углехимический институт (УХИН)

В настоящее время в Украине производство товарных пеков ограничивается различными сортами электродных связующих, пеков для леточных масс и др., а также выпуском некоторого количества пропиточного пека, в котором массовая доля нерастворимых в хинолине углеродистых частиц (α_1 -фракции) не должна превышать 4 %. В то же время за рубежом производится широкий спектр пеков с низким содержанием нерастворимых в хинолине веществ. Массовая доля последних для различных производителей колеблется от $\leq 0,1$ % («Jalan Carbons & Chemicals Limited», Индия) до $\leq 2-3$ % («Didier Engineering GmbH», Германия).

При производстве такого пека используется предварительная очистка исходной низкопиролизованной смолы от α_1 -фракции различными методами, которые требуют сложных дополнительных стадий и сопряжены с образованием значительных количеств вторичных продуктов [1-3]. Высказывалось теоретическое мнение [1, 4], что при наличии ресурсов смолы с содержанием α_1 -фракции ниже 1,5 % пропиточный пек может быть получен без применения стадии очистки. Это мнение сформировалось в период, когда основную долю в общем производстве в Украине составляли так называемые тяжелые смолы. Изменение ситуации – в частности, стабильная выработка на ЧАО «АКХЗ» низкопиролизованной смолы – позволило выполнить специальные сопоставительные исследования, результаты которых представлены в таблице.

Как видно из приведенных данных, очищенные смолы не только содержат меньшее, чем исходные низкопиролизованные, количество α_1 -фракции. Очищенные образцы средне- и высокопиролизованной смолы (*B* и *Г*) при этом еще и сохраняют значительное количество α -фракции, а, следовательно, α_2 -фракции, массовая доля которой составляет разницу между массовыми долями α - и α_1 -фракций. α_2 -фракция считается наиболее ценной составляющей пеков, т.к. обладает как вяжущими, так и коксообразующими свойствами [1, 4].

Свойства промышленных низкопиролизованных и очищенных смол

Каменноугольная смола	Плотность, кг/м ³		Массовая доля фракций, %	
			α	α_1
Промышленная низкопиролизованная (ЧАО «АКХЗ»)	1159		4,1	1,6
	1172		2,8	1,8
	1176		3,7	2,0
Промышленные низкопиролизованные смолы других предприятий Украины	1166		4,6	1,6
	1173		5,6	1,7
	1182		6,3	2,0
Экспериментальные смолы, очищенные от α_1 -фракции / исходные смолы, подвергавшиеся очистке [1, 2]	<i>A</i>	1160/1169	3,5/5,4	0,3/1,8
	<i>B</i>	1174/1190	4,2/8,4	0,9/3,9
	<i>B</i>	1200/1202	6,8/10,1	0,8/5,5
	<i>Г</i>	1197/1215	6,7/11,7	0,2/8,2

По этому показателю очищенные средне- и высокопиролизованная смола значительно превосходят не только очищенную смолу *A*, но и исходные смолы низкой степени пиролиза производства ЧАО «АКХЗ». Это вызвано как изначально более высоким содержанием упомянутых веществ в средне- и высокопиролизованных смолах, так и невозможностью избирательного выделения из любых смол дисперсных углеродных частиц α_1 -фракции, которые адсорбируют на своей поверхности значительное количество ценных составляющих группового состава независимо от способа очистки [3, 4].

При производстве пропиточного пека из очищенной низкопиролизованной смолы, для доведения до требуемого уровня таких показателей качества пека, как выход летучих веществ и массовая доля α -фракции, необходимо вводить дополнительную стадию термической обработки СТП. Последний процесс, помимо прочего, сопровождается образованием α_1 -фракции, что существенно снижает положительный эффект от стадии очистки [1, 3]. Свойства же очищенных средне- и высокопиролизованных смол показывают, что качественный пек может быть получен из них непосредственно на стадии ректификации смолы.

Таким образом, по нашему мнению, при использовании в процессе производства пропиточного пека стадии очистки от α_1 -фракции, оптимальным сырьем являются не низко-, а средне- и высокопиролизованные смолы. При использовании же низкопиролизованного сырья применение стадии очистки представляется нежелательным.

Список литературы:

1. Питюлин И.Н. Научно-технологические основы создания каменноугольных углеродсодержащих материалов для крупногабаритных электродов. – Харьков: ИПЦ «Контраст», 2004. – 480 с.
2. Скрипченко Н.П. Теоретические предпосылки процесса пропитки при производстве графитированных электродов / Скрипченко Н.П., Питюлин И.Н., Чешко Ф.Ф. // Углекимический журнал. 2006. – № 5-6. – С. 56-62.
3. Чешко Ф.Ф. Дослідження та розробка способів спрямованого формування властивостей кам'яновугільних пеків різного призначення: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.17.07 «Хімічна технологія палива, горючих та змащувальних матеріалів» / Федір Федорович Чешко. – Харків, 1997. – 24 с.
4. Гоголева Т.Я. Химия и технология переработки каменноугольной смолы / Гоголева Т.Я., Шустиков В.И. – М.: Металлургия, 1992. – 256 с.

УДК 678.027.3-036.5

РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОХОЛОДЖЕННЯ ЕКСТРУДОВАНИХ ПОЛІМЕРНИХ ТРУБ

Вознюк В.Т., Мікульнок І.О.

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

Сучасний стан систем водо- і теплопостачання в містах України потребує їх модернізацію, яка б забезпечила якісну і тривалу роботу цих систем. Як наслідок в останні роки в комунальному господарстві спостерігається зростання застосування полімерних трубопроводів замість металевих і залізобетонних [1].

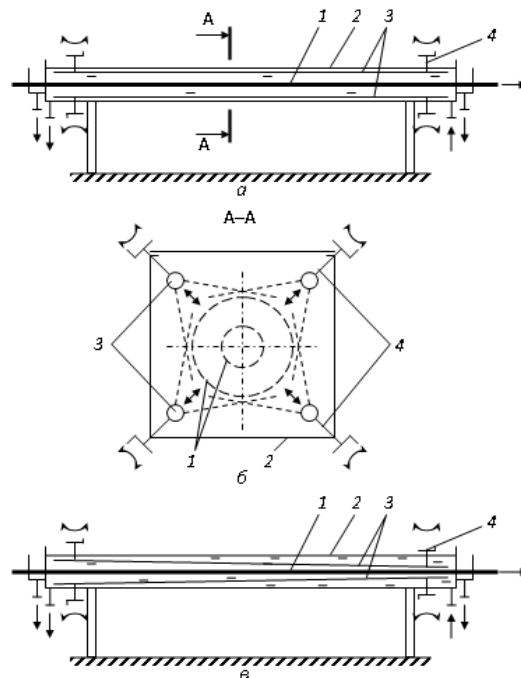
Під час експлуатації металеві труби інтенсивно кородують, що пов'язано в першу чергу з підвищеною вологістю і кислотністю ґрунтів і стічних вод. Крім того, у разі застосування металевих і залізобетонних труб відбувається мікробіологічне руйнування внутрішньої поверхні трубопроводів під впливом тіонових, нітратних, залізо- і сульфатредукувальних бактерій. Кінцевим продуктом життєдіяльності більшості з цих мікроорганізмів, окрім їх безпосередньої шкоди трубам, є сірчана кислота, яка і утворює агресивні умови, що ще більше спричинює корозію труб [2].

У той же час труби із полімерних матеріалів достатньо стійкі до хімічної та електромагнітної корозій, їх поверхня сприяє меншим утворенням відкладень на внутрішній поверхні, що зменшують діаметр, мають низьку теплопровідність, що значно зменшує потребу в додатковій теплоізоляції [3]. Всі ці переваги сприяють збільшенню обсягів виготовлення полімерних труб.

Однією з основних стадій виготовлення полімерних труб екструзією є їх охолодження, яке до того ж є обмеженою і енерго- і ресурсоемною, що пов'язано з необхідністю значних витрат охолодної води [4].

Для охолодження полімерних труб широкого поширення набули ванни, в яких труба охолоджується за умов вільної конвекції в шарі води [4]. Однак під час охолодження труб великого діаметра на трубу з боку води діють значні виштовхуючі зусилля. Крім того, проходячи крізь шар води, труба тягне за собою певний шар рідини, швидкість якого змінюється від максимальної на поверхні виробу до нуля на певній відстані, що погіршує умови теплообміну [5]. Тому все більшого поширення набувають ванни, у яких охолодження здійснюють зрошенням води на зовнішню поверхню труби, що дає змогу уникнути складнощів, притаманних ваннам занурення, і забезпечує достатню інтенсивність охолодження. Однак конструкція зрошувальних ванн не забезпечує раціонального використання холодоагенту під час переходу пристрою на охолодження труби іншого діаметра. Наприклад, під час зменшення діаметра труби частина факелів холодоагенту, що виходить з розпилювачів, проходить повз трубу, що спричинює нераціональне використання холодоагенту.

Якщо забезпечити ефективне потрапляння факелу розпилюваного холодоагенту безпосередньо на поверхню охолоджуваної труби незалежно від її діаметра, то вдасться заощаджувати значну кількість холодоагенту, забезпечуючи необхідну інтенсивність охолодження. Тому доцільно кожний розпилювач встановлювати з можливістю переміщення в радіальному напрямі горизонтальної ванни (рис. 1.).



1 – труба; 2 – ванна; 3 – розпилювачі; 4 – урухомники

Рис. 1. Схема охолодної ванни: а, в – повздовжній переріз ванни; б – поперечний переріз ванни

Спорядження кожного розпилювача двома урухомниками переміщення, рознесеними по його довжині (рис. 1. в), забезпечує можливість їх розташування під кутом до труби, а отже і можливість регулювання інтенсивності охолодження труби по її довжині (наприклад менш інтенсивне на вході труби у ванну і більш інтенсивне на виході із неї труби; для цього розпилювачі розміщують на більшій відстані від труби на початку ванни і на меншій – у її кінці).

Отже запропоноване авторами удосконалення роботи охолодних ванн [6] дає змогу значно заощадити ресурси під час виготовлення полімерних труб, в умовах збільшення обсягів їх виготовлення, а також можливість плавного регулювання параметрів охолодження, за рахунок чого можна досягти поліпшення якості труб.

Список літератури

1. Смирнова Г. Применение новых технологий при реконструкции тепловых сетей на предприятиях теплоэнергетического комплекса / Г. Смирнова // Полимерные трубы. — 2005. — № 1. — С. 7—8.
2. Благник Р. Микробиологическая коррозия / Р. Благник, В. Занова — М. : Химия, 1985. — 224 с.
3. Church R. Residential PEX Water Supply Plumbing Systems: Design guide / R. Church, M Cudahy, L MacNevin. — Irving : PPI, 2006. — 128 p.
4. Лукач Ю. Е. Алгоритм расчета устройств для термообработки изделий из термопластов : учеб. пособ. [для студ. высш. учеб. завед.] / Лукач Ю. Е., Доброногова С. И., Ружинская Л. И. — К.: КПИ, 1984. — 84 с.
5. Мікульонок І. О. Моделивання термообробки погонних композитних матеріалів / І. О. Мікульонок, Л. Б. Радченко, Л. І. Ружинська // Наукові вісті НТУУ «КПІ». — 2005. — № 2. — С. 66—71.
6. Пат. № 53879 Україна МПК (2006) В 29 С 35/00 Пристрій для охолодження полімерних труб / І. О. Мікульонок, В. Т. Вознюк ; заявник НТУУ «КПІ». — № u201003423 ; заявл. 24.03.2010 ; опубл. 25.10.2010., Бюл. № 20.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ВЫДЕЛЕНИЯМИ ШАХТНОГО МЕТАНА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Караченцев А.Е., *Караченцев Е.И.

Донецкий национальный технический университет ,
*ОАО «институт ЮЖНИИГИПРОГАЗ»

Наряду с традиционными выбросами от промышленных предприятий и автотранспорта в угледобывающих районах Украины, в том числе в первую очередь в Донбассе, существенную долю выбросов в атмосферу добавляют выбросы шахтного метана от вентиляционных и

дегазационных систем угольных шахт. В отличие от выбросов промышленных предприятий выбросы шахтного метана невидимы и не имеют запаха, поэтому об их наличии мало известно общественности и недостаточно уделяется внимания.

Доля выбросов шахтного метана в Донбассе весьма значительна. По имеющимся данным, на примере шахты "Суходольская-Восточная", которая относится к газоносным шахтам Донбасса выбросы метана в атмосферу за 2009 год составили 26,28 млн.м³. А таких шахт в Донбассе около сотни. В настоящее время при разработке газоносных угольных пластов вентиляционными и дегазационными системами шахт России извлекаются от 1,2 до 1,4 млрд.м³ шахтного метана, однако лишь около 25% извлекается системами дегазации, из которых только около 45-50 млн.м³ утилизируется, остальное выбрасывается в атмосферу, загрязняя ее устойчивым парниковым газом. Примерно такое же состояние по шахтному метану имеется и на Украине.

Киотский протокол, принятый в дополнение к Рамочной конвенции ООН о смене климата, обязывает сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов. Парниковый газ – газ, задерживающий инфракрасное излучение земной поверхности, что приводит к глобальному потеплению на планете. К основным парниковым газам относятся: двуокись углерода (CO₂), метан (CH₄), окись азота (N₂O) и другие. Метан – второй по значимости парниковый газ, регламентируемый Киотским протоколом. Шахтный метан является сильнейшим загрязнителем окружающей природной среды, одним из разрушителей озонового слоя атмосферы планеты.

В Украине выпущены следующие законы и постановления, поддерживающие и регулирующие необходимые мероприятия в области дегазации угольных пластов и использовании шахтного метана:

- Постановление Правительства Украины от 6 июля 2002 года № 939, утверждающие Комплексную программу по дегазации угольных пластов на угольных шахтах;
- Закон Украины "Про газ (метан) вугільних родовищ" № 1392-VI от 21.05.2009г.;
- Постановление Кабинета Министров Украины от 22 февраля 2006г. № 206 "Об утверждении Порядка рассмотрения, одобрения и реализации проектов, направленных на уменьшение антропогенных выбросов или увеличение абсорбции парниковых газов в соответствии с Киотским протоколом к Рамочной конвенции" и другие.

Следует подробно остановиться на выделениях шахтного метана. Выделения шахтного метана условно можно разделить на три вида:

- выделение шахтного метана сквозь трещины и разломы в земной коре;

- выделение шахтного метана в составе вентиляционных выбросов шахтных выработок;
- выделение шахтного метана из дегазационных скважин угольных пластов.

Утилизация шахтного метана, выделяющегося сквозь трещины и разломы в земной коре, практически нереализуема из-за невозможности их централизованного сбора для переработки и весьма низкой концентрации метана. Утилизация шахтного метана в составе вентиляционных выбросов шахтных выработок также в настоящее время не реализуема из-за низких концентраций метана и отсутствия промышленных технологий его утилизации и использования.

Выделения шахтного метана из дегазационных скважин угольных пластов являются основными источниками выбросов и загрязнителей атмосферы. Высокая концентрация метана (до 80%) в этих выбросах и возможность его централизованного сбора и подготовки позволяет использовать его в качестве источника для получения электроэнергии, тепла и сжатого метана для заправки автомобилей и при этом существенно снизить вредные выбросы в атмосферу.

Утилизация шахтного метана из дегазационных скважин решает следующие задачи:

- снижение загазованности горных выработок и как следствие этого повышение производительности угольных шахт и обеспечение безопасных условий труда;
- снижение выбросов метана, который относится к парниковым газам;
- снижение потребности Украины в дефицитном и дорогом природном газе;
- выработка собственной электрической энергии и тепла угледобывающими предприятиями.

Утилизация и использование шахтного метана решает не только экологические проблемы, но и важна по экономическим соображениям, поскольку позволяет использовать существенно более дешевое газообразное топливо для выработки тепловой (в котельной) и электрической энергии.

В соответствии с предпроектными проработками по комплексному использованию шахтного метана на центральной промплощадке шахты «Суходольская-Восточная» предусматривается установка контейнерных теплоэлектростанций (КТЭС) с двигателями TCG 2020 V 16 производства Deutz Power System (Германия). Топливом для них является метановоздушная смесь, поступающая с участка дегазации, расположенного на центральном участке промплощадки шахты.

Реализация этого проекта позволит не только снизить выбросы метана, но и выработать электроэнергию в размере 50 615 тыс. кВт.ч и

перевести существующие котельные с твердого топлива на газообразное, что позволит сэкономить 7 320 т/год твердого топлива.

Может возникнуть вопрос, что при утилизации и использовании шахтного метана все равно присутствуют вредные выбросы в атмосферу. Следует отметить, что в результате сжигания метана образуется менее вредный (в 21 раз) по своему парниковому эффекту углекислый газ. Кроме этого, при использовании шахтного метана в качестве топлива наблюдается сокращение выбросов диоксида серы и оксида углерода (за счет сокращения применения твердого топлива, сжигаемого в котельных). Наряду с вышеуказанными преимуществами при использовании шахтного метана в качестве топлива для электростанций и котельных имеется определенный недостаток, связанный с увеличением выбросов диоксида азота в продуктах сгорания шахтного метана. Но выбросы диоксида азота значительно менее вредны, чем выбросы шахтного метана без сжигания и их в несколько раз меньше. Кроме этого, имеется возможность снижения выбросов диоксида азота при использовании современного высокоэффективного газогорелочного оборудования.

В заключение следует отметить, что для снижения выбросов шахтного метана, которые являются одними из основных загрязнителей атмосферы Донбасса, необходимо активно внедрять установки по его утилизации для получения электроэнергии, тепла и сжатого газа для заправки автомобилей. Внедрение таких установок позволит улучшить экологическую обстановку в Донбассе.

УДК 552.574+535-15

ПЕРСПЕКТИВЫ КОКСОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ШИХТ НА ОСНОВЕ СЕРНИСТЫХ УГЛЕЙ

**Бутузова Л.Ф., Маковский Р.В., Бондалетова В.А., Ветров И.В.,
Бутузов Г.Н.**

Донецкий национальный технический университет

Показано, что использование восстановленных жирных углей в коксовой шихте приводит к увеличению толщины пластического слоя и прочности кокса.

Современные условия углеснабжения коксохимических предприятий Украины, да и других стран СНГ, характеризуются некомплектностью поставок и наличием дефицита качественных хорошо спекающихся ком-

понентов шихт. Такая ситуация приводит к самым негативным последствиям в практике работы коксохимических производств, прежде всего, к частым перешихтовкам, а также резким колебаниям периода коксования.

В этих условиях сложилась острая необходимость изыскивать пути предотвращения падения производства при внезапных резких изменениях качества сырья, поступающего на коксохимические предприятия. Одним из возможных путей решения указанной проблемы является коксование шихт нетрадиционного состава с добавками различных веществ, направленно влияющих на ход процесса.

Использование в качестве добавок химических отходов коксохимического производства позволяет решить и проблему их утилизации, так как в настоящее время значительное количество смолистых отходов коксохимических цехов не находит квалифицированного использования [1]. Имеются данные о том, что добавки антраценового масла, керосина, газойля, а также мезогенные спекающиеся добавки – это, прежде всего, каменноугольный пек и нефтяное углеводородное вещество Н-130 [2,3] способствуют повышению качества кокса.

Целью настоящей работы является выявление возможности использования низкокачественных углей (сернистых, неспекающихся) в составе коксовой шихты, а также поиск путей управления процессами их термодеструкции путем внесения добавок органических веществ.

В качестве объектов исследования использовали шихты, составленные из изометаморфных пар слабо восстановленных (тип «а») и восстановленных (тип «в») каменных углей Донецкого бассейна шахт Центральная (пласт k_7 , марка Г, тип «а»), Димитрова (пласт l_1 , марка Г, тип «в»), и Засядько (пласт l_4 , марка Ж, тип «а» и пласт k_8 , марка Ж, тип «в»). На их основе составлены шихты (Ж:Г = 70:30 и 50:50) при разных сочетаниях углей типов «а» и «в». Такие шихты являются модельными т.е. маркой Ж заменяются все хорошо спекающиеся угли, а маркой Г – слабо спекающиеся компоненты. Использование шихт с соотношением 50:50 позволит существенно расширить сырьевую базу коксования и снизить зависимость отечественной коксохимии от импортного угля. Однако, такая задача требует детального изучения хода процесса термодеструкции и выявления факторов, влияющих на стадии спекания и коксообразования.

В качестве добавок использовали следующие соединения: 5% динитрила азобизизомасляной кислоты (ДАК) для инициирования процессов радикальной полимеризации, а также антрацен, фенантрен или каменноугольный пек, которые являются важнейшими компонентами продуктов коксохимического производства.

Пластометрические характеристики углей и шихт оценивали в аппарате Сапожникова (ГОСТ 1186-87) при температуре 1000°С. Определение прочности коксов осуществляли копровым методом (ГОСТ 5953-81).

Результаты определения пластометрических показателей исследуемых шихт представлены на рисунке 1 в виде пластометрических кривых.

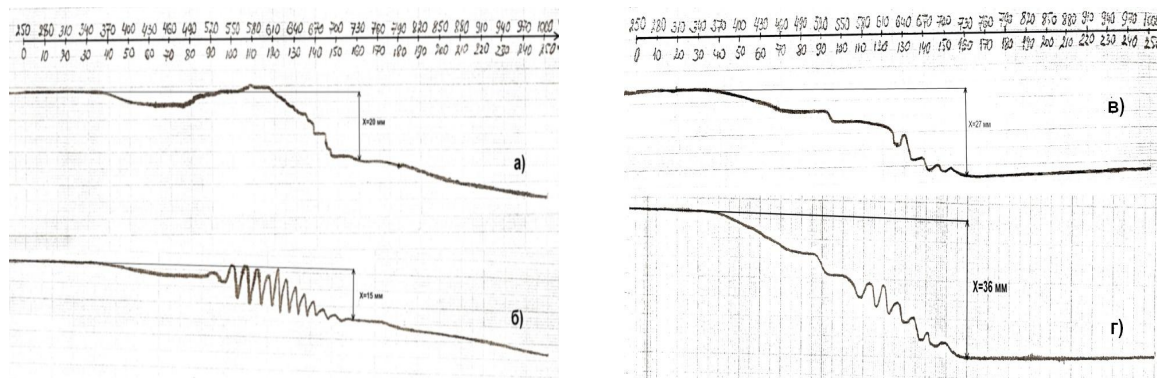


Рисунок 1 - Пластометрические кривые для шихт: а) Жв:Га=70:30%; б) Жа:Га=70:30%; в) Жв:Га=50:50%; г) Жв:Га=50:50% + 5% ДАК

Данные кривые характеризуют ход газоотдачи в процессе пиролиза. Так, для шихты Жа:Га с соотношением компонентов 70:30% кривая имеет характерную зигзагообразную форму с повышенной частотой пиков, как у коксового угля. Это свидетельствует о сильном процессе газовой выделении. Для шихты Жв:Га=70:30% кривая имеет горбообразную форму, характерную для исходного жирного угля. Кривая для шихты Жв:Га с соотношением компонентов 50:50% имеет вначале пологопадающую форму, как у слабоспекающегося угля, а затем приобретает зигзагообразную форму, присущую коксовым углям. Кривая для шихты Жв:Га с соотношением компонентов 50:50% с добавлением 5% ДАК, как и в предыдущем случае, имеет вначале пологопадающую кривую, как у слабоспекающегося угля, а затем приобретает более ярко выраженную зигзагообразную форму, как у коксовых углей.

Величины пластометрических показателей и выход твердого остатка - кокса приведены в таблице 1.

Из таблицы видно, что использование восстановленных жирных углей в коксовой шихте (Жв:Га, 70:30) приводит к существенному увеличению толщины пластического слоя, величины пластометрической усадки и выхода кокса по сравнению с шихтой, составленной из малосернистых компонентов (Жа:Га, 70:30).

Таблица 1 – Пластометрические показатели шихт

Шихта	Твердый остаток, %	Толщина пластического слоя y , мм	Пластометрическая усадка x , мм
Жа:Га,70:30	72,33	18,5	15
Жв:Га,70:30	73,20	20,0	21
Жв:Га,50:50	72,55	14,5	27
Жв:Га,50:50 + ДАК	69,16	15,5	36

Добавка 5 % ДАК также увеличивает пластометрические показатели, тем самым увеличивая способность компонентов шихты к спеканию. Уменьшение выхода твердого остатка при этом компенсируется увеличением выхода жидкоподвижных продуктов, что подтверждается существенным возрастанием величины пластометрической усадки x . Это приведет к уменьшению давления расприания и облегчит процесс извлечения коксового пирога.

Данные, приведенные в Табл.2, указывают на резкое увеличение прочностных показателей кокса из шихт с соотношением компонентов 70:30 при замене жирного угля типа «а» на тип «в». Шихта 50:50 также имеет показатели И и Р, лучшие по сравнению с шихтой Жа:Га,70:30. Добавка ДАК приводит к снижению истираемости при примерно одинаковой величине сопротивления дроблению.

Таблица 2 – Механическая прочность и сернистость коксов

Кокс из шихт	Индекс прочности П, Дж/дм ²	Истирае-мость И, %	Сопротивление дроблению Р, %	Общая сера S ^d _t , %
Жа:Га,70:30	78,16	23,09	51,57	0,79
Жв:Га,70:30	88,29	18,98	61,05	1,72
Жв:Га,50:50	-*	21,14	53,02	1,41
Жв:Га,50:50 + ДАК	-*	20,62	52,87	1,56

*в случае малопрочного кокса индекс П может оказаться искаженным

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о возможности снижения доли хорошо спекающихся компонентов в шихте и возможности управлять процессом перехода углей в пластическое состояние путем введения специальных добавок.

Список литературы

1. Васючков Е.И., Музычук В.Д., Журавлева Л.А., Глущенко И.М., Панченко Н.И., Ивченко А.Ю. Исследование возможности использования отходов коксохимического производства в шихте для коксования //Кокс и химия. – 1985. - №11. – С. 16 – 18.
2. Русчев Д.Д., Шопов Г.К., Петрински В.Р. Органические добавки к угольным шихтам для повышения их насыпной плотности и улучшения качества кокса //Кокс и химия. – 1988. - №7. – С. 24 – 26.
3. Глущенко И.М., Цвенишвили В.Ж., Ольферт А.И., Наумов Л.С. Улучшение качества кокса путем использования в шихте мезогенных спекающих добавок //Кокс и химия. – 1987. - №11. – С. 39 – 41.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПОЛУКОКСОВАНИЯ УГОЛЬНЫХ ШИХТ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ СЕРЫ

Бутузова Л.Ф., Маковский Р.В., Кулакова В.О., Бутузов Г.Н.
Донецкий национальный технический университет

В работе проведено систематическое исследование процессов полукоксования углей разных генетических типов по восстановленности и шихт на их основе. Показано значительное влияние сернистости углей на выход и состав химических продуктов полукоксования, как основной стадии термической деструкции, с целью более рационального и эффективного использования отечественной сырьевой базы.

Роль угля для Украины огромна, т. к. он является единственным энергоносителем, разведанные запасы которого могут обеспечить потребности энергетики и промышленности страны в ближайшие 300 лет. При этом, если в структуре мировых запасов топлива уголь составляет 67%, нефть – 18%, газ – 15%, то в Украине – 94,5%, 2%, 3,5% соответственно [1]. Ресурсы ТГИ в Украине по состоянию на 2010 г. составляют 117,5 млрд. т, из которых 56,7 млрд. т – разведанные балансовые запасы, из них 39,3 млрд.т – запасы угля энергетических марок.

Большую проблему в Украине представляет использование углей с повышенным содержанием серы, т. к. их количество в общем балансе составляет примерно 70%. Только 4 шахты из 74, добывающих коксующиеся угли, разрабатывают пласты низкосернистых углей. Энергетические угли с содержанием серы до 1,5% добывает одна шахта. [2]. Сернистость является одной из первостепенных характеристик степени восстановленности углей в Донецком бассейне [3,4].

В последнее время наиболее распространенные в Донбассе сернистые угли все более широко вовлекаются в процессы неэнергетического использования. Они могут с успехом использоваться в качестве сырья для получения синтетического твердого, жидкого и газообразного топлива, удобрений, адсорбентов, химикатов и других нужных народному хозяйству продуктов [5]. В связи с вышеизложенным, актуальными являются исследования, направленные на разработку наиболее эффективных методов переработки сернистых топлив.

Одним из перспективнейших методов переработки низкокачественных углей является полукоксование. В настоящее время полукоксование твердого топлива рассматривается не только в качестве

поставщика углеводородного сырья, но и как одна из основных стадий в различных производственных процессах (заводы по производству искусственного жидкого топлива, энерготехнологические и газохимические установки переработки твердого топлива).

Полукоксование позволяет получить такие ценные продукты, как газ, смола, полукокс. Смола представляет собой сложную смесь различных органических соединений. Газ, состоящий, в основном, из водорода, метана и его гомологов, имеет высокую теплоту сгорания и образуется в количестве 8-15 % от ОМУ. Он используется в виде топлива и как химическое сырье. Полукокс отличается от исходного топлива высоким содержанием углерода и низким выходом летучих веществ. Он может использоваться для получения водяного газа, как отощающая добавка в шихту при коксовании и др. Из смолы полукоксования при соответствующей обработке может быть получено большое количество ценных продуктов, например моторное топливо, фенолы, парафин и др.

Цель работы – изучение влияния сернистости углей на выход и состав химических продуктов полукоксования, как основной стадии термической деструкции, с целью более рационального и эффективного использования отечественной сырьевой базы.

В качестве объектов исследования использовали слабовосстановленный уголь марки Г слабовосстановленного типа «а» (Га), пласт к₇ ш. “Центральная” следующего состава: W^a=2,2%; A_t^d=5,2%; V^{daf}=36,0%; C^{daf}=85,1%; H^{daf}=5,11%; S_t^d=1,22%, и восстановленный уголь марки Ж типа «в» (Жв), пласт к₈ ш. им. Засядько следующего состава: W^a=0,8%; A_t^d=2,7%; V^{daf}=31,7%; C^{daf}=87,3%; H^{daf}=5,23%; S_t^d=2,81%, а также их шихты при разных соотношениях компонентов: Га/Жв = 50/50% и Га/Жв = 30/70%.

Процесс полукоксования проводили в реторте Фишера при температуре 500 – 550°С без доступа воздуха (ГОСТ 3168–66). Результаты определения выхода полукокса, смолы, воды и газа приведены в табл.1.

Таблица 1 – Выход продуктов полукоксования, % daf

Уголь, шихта	Полукокс	Пирогенетическая вода	Смола	Газ
Га	69,8	6,2	10,0	14,0
Жв	74,5	2,7	8,5	14,3
Га/Жв = 50/50%	72,3	3,5	9,7	14,5
Га/Жв = 30/70%	72,4	3,3	9,7	14,6

Из табл.1 видно, что при использовании угля Га получаем больший объем смолы и пирогенетической воды, но наименьший выход полукокса. Получение большего количества парогазовых продуктов объясняется

наличием большего числа алифатических фрагментов и кислородсодержащих функциональных групп в органической массе газового угля. Это подтверждается более низкой температурой начала деструкции органической массы образцов: для угля Жв – 350 °С, шихты Га/Жв=30/70% – 338 °С, шихты Га/Жв=50/50% – 328 °С.

Экспериментальные и теоретически рассчитанные по правилу аддитивности значения выхода продуктов процесса полукоксования отличаются между собой (табл. 2). Этот факт свидетельствует о химическом взаимодействии компонентов в шихте. Из таблицы видно, что изменение соотношения углей разных марок в сторону повышения содержания угля Га приводит в целом к послаблению этого взаимодействия.

Таблица 2 – Экспериментальные и расчетные характеристики выхода продуктов

Выход продуктов полукоксования	Шихта					
	Га/Жв = 50/50%			Га/Жв = 30/70%		
	эксп., % daf	рознр., % daf	Δ (эксп. -теор.)	эксп., % daf	рознр., % daf	Δ (эксп. -теор.)
Полукокск	72,30	72,20	0,10	72,44	73,14	-0,70
Пирогенетическая вода	3,52	4,43	-0,91	3,31	3,73	-0,42
Смола	9,65	9,22	0,43	9,69	8,91	0,78
Газ	14,53	14,15	0,38	14,56	14,22	0,34

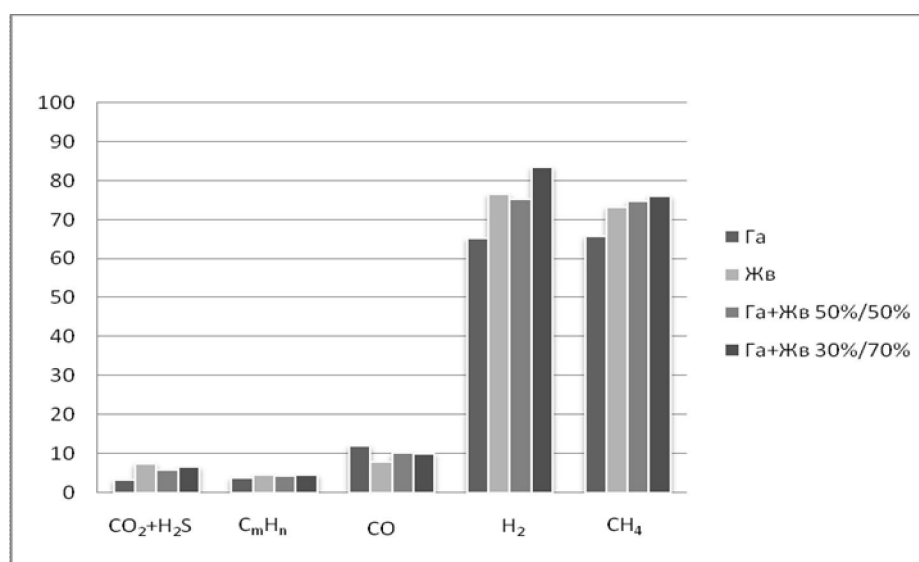


Рисунок 1 – Количественный анализ полукоксового газа, мл/г^{daf}

На рис.1 приведены результаты анализа полукоксового газа. Очевидно, что полукоксовый газ слабовосстановленных углей Га отличается большим содержанием СО, поскольку их органическая масса содержит много различных функциональных кислородсодержащих групп, которые интенсивно разрушаются в температурном интервале полукоксования.

На степень термической конверсии жирного угля влияет высокое содержание серы. Этот факт подтверждается анализом полукоксового газа: суммарное количество кислых газов СО₂ и Н₂С для угля Га равняется 3,21, для угля Жв – 7,53. Увеличение доли жирного угля в шихте приводит к росту выхода Н₂С, а при повышенном содержании газового угля получаем больший объем СО. Выход Н₂С и других сернистых соединений из угольной шихты выше, чем рассчитанный по правилу аддитивности. Следовательно, взаимодействие углей генетических типов по восстановленности в шихте приводит к ее обессериванию.

Полукоксовый газ, полученный при использовании шихты Га/Жв=30/70%, характеризуется высоким содержанием водорода, метана и непредельных углеводородов, а, следовательно, он обладает большей теплотой сгорания ($\approx 23-24$ МДж/м³).

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что использование высокосернистого жирного угля и малосернистого газового угля при соотношении компонентов Га/Жв=30/70% является более предпочтительным, рациональным и эффективным для комплексного использования сырья с получением химических продуктов и полукокса. Применение данного варианта составления шихты позволяет не только сохранить спекающую способность угля, но и перевести большую часть сернистых соединений в газовую фазу.

Список литературы:

1. На мировом рынке угля. По материалам БИКИ//Кокс и химия.-2002.-№3.-С.45-47.
2. Долгий В.Я., Кривченко А.А., Шамало М.Д., Долгая В.А. Содержание общей серы в угольных пластах на шахтах Украины // Уголь Украины, 2000, № 1, с. 44-46.
3. Маценко Г.П. Особенности микроструктуры донецких антрацитов различных генетических типов // Химия твердого топлива. – 1984. - № 1. - С.7 - 13.
4. Бутузова Л. Ф., Маценко Г. П. Маринов С. П., Турчанина О. Н., Скирточенко С. В., Крштонь А., Исаева Л. Н. Особенности термодеструкции углей слабовосстановленного и восстановленного типов Донецкого бассейна//Химия твердого топлива. – 2002. - №2. - С.11-22.
5. Кричко А.А., Лебедев В.В., Фарберов И.Л. Нетопливное использование углей. - М.: Недра, 1978. - 215 с.

НОВОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОТХОДОВ

Бондаренко И.В.

(Донецкий национальный технический университет)

Рассматривается ряд аспектов развития модернизации системы управления отходами путём стимуляции технического творчества. Анализируется региональный пример среды функционирования предлагаемой технологии энергоавтономной транспортировки отходов. Дано краткое описание авторской разработки транспортной системы.

По оценкам государственных органов экологического контроля и мониторинга количество отходов, скопившихся на территории Украины по состоянию на начало 2011 г., составляет более 35 млрд. тонн. В связи с этим действующая концепция Министерства экологии и природных ресурсов Украины в сфере управления отходами сегодня направлена на развитие технологической инфраструктуры, способной позволить проведение процедур утилизации и рекуперации различного рода отходов в пределах страны без их вывоза за границу. В рамках реализации этих программ планируется закупка зарубежных тематических технологий и специального оборудования для строительства и функционирования перерабатывающих комплексов. Однако, экономический и экологический эффекты от подобного рода реформ могут быть ниже ожидаемых по причине низкой способности адаптации закупаемых технологий к украинским технически социально-ментальным реалиям.

Для максимизации положительной эффективности процесса модернизации системы обращения с отходами в Украине необходима стимуляция развития отечественной инноватики. Технически экологическая инновация имеет несколько основополагающих параметров, которыми должен руководствоваться разработчик при создании технического решения. Одним из таких факторов есть среда функционирования. Этот параметр даёт специфическую характеристику среды работы новой технологической линии для получения возможности оптимизации конструкции и настройки технологических узлов на этапе их проектирования.

В качестве примера среды функционирования была выбрана и проанализирована по специфическому критерию Донецкая область, так как данная территория является промышленно-развитой густонаселённой инфраструктурой.

В результате статистического исследования [1] была отмечена условная ритмичность показателей образования экологически опасных отходов (рис. 1).

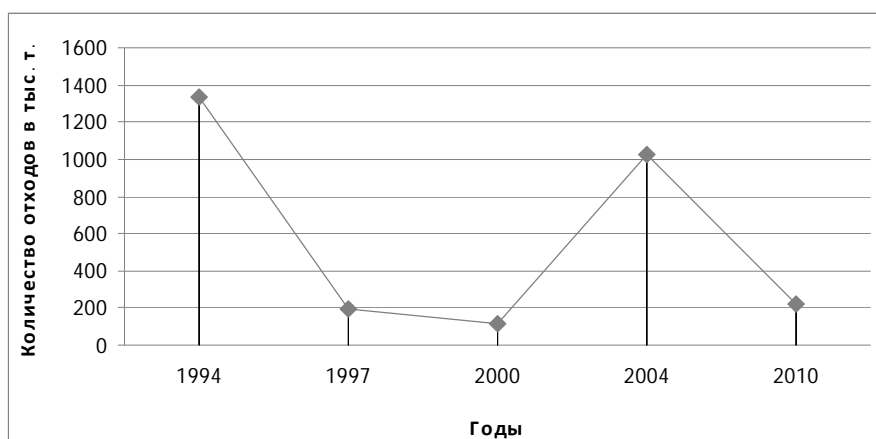


Рисунок 1 - Динамика образования отходов I-III классов опасности в Донецкой области в период 1994-2010 г

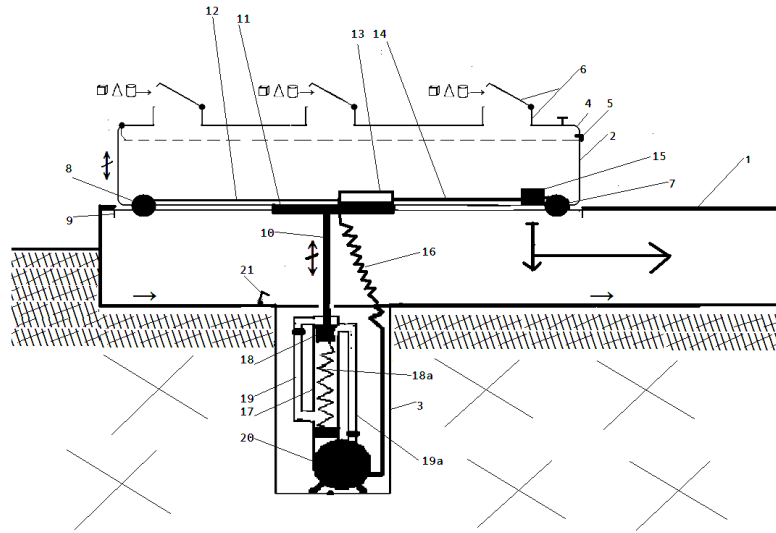
Кроме того, особенностью данной региональной среды функционирования есть зависимость показателя частоты ритмичности образования отходов от экономического состояния государства. Этот фактор также показывает косвенную индикаторную связь между образованием отходов и состоянием в важнейших компонентах развитой инфраструктуры региона. Такими элементами являются, например, энергетика, транспортная система, коммуникация и т. д. Такая зависимость указывает на опасность возникновения экологической, коммунальной катастрофы при нижних точках ритма образования отходов (рис. 1). Опасность возникновения катастрофы заключается в нехватке энергоресурсов, необходимых для осуществления ключевых операций в сфере управления отходами. Это такие операции как, например, вывоз ТБО, их утилизация, транспортировка, хранение химически опасных отходов, содержащих СДЯВ, реализация региональных и государственных тематических программ.

Анализ региональной среды функционирования дает необходимую информационную базу для частного или коллективного технического творчества и создания максимально эффективной технологии в сфере обращения с отходами. Одним из аспектов проблемы управления отходами анализируемого региона является необходимость усовершенствования и централизация систем транспортировки некондиционных материалов и отработанных веществ различных классов опасности.

С учетом вышесказанного разработана инновационная технология энергосберегающей транспортировки отходов II-V классов опасности [2].

Предложенная система транспортировки отходов II-V класса опасности относится к транспортным средствам с электропневматическим приводом для сбора и перевозки отходов. Положительный эффект данного технического решения полностью совпадает с потребностями приведённого выше показателя региональной среды функционирования, являясь энергосберегающим элементом.

Разработанное устройство в базовом варианте состоит из таких основных компонентов: проходного тоннеля, транспортировочного танкера и гравитационной пневматически-силовой установки (рис. 2).



1 - проходной тоннель; 2- транспортировочный танкер; 3 - защитный короб гравитационной пневматически-силовой установки 4 – крышка транспортировочного танкера; 5 - ручки для открытия; 6 - люк загрузки; 7 – ведущий ролик; 8 - ведомый инерционный ролик; 9 - тоннельный люк; 10 – подвесной шток; 11 - поддерживающая платформа с зарядным портом; 12 - электрокабель; 13 - центральный аккумулятор; 14 - электрокабель ведущего ролика; 15 - электродвигатель; 16 - зарядный кабель; 17 - пневматический цилиндр; 18 - рабочий поршень; 18a - винтовая пружина; 19 и 19a - пневматическая магистраль; 20 – ковшовая пневматическая турбина; 21 - фиксатор поддерживающей платформы

Рисунок 2 - Принципиальная схема системы транспортировки отходов

Предлагаемая энергоавтономная система транспортировки отходов начинает работу после максимального заполнения транспортировочного танкера 2 твердыми бытовыми отходами посредством загрузочных люков 6. Вес отходов начинает оказывать действие на поддерживающую платформу 11, воздействуя при этом на подвесной шток 10 и рабочий

поршень 18, установленный в пневматическом цилиндре 17, сжимая пружину 18а (рис. 2). Вследствие этого происходит снижение танкера 2 и поршня 11. При этом сжатый воздух, находящийся в цилиндре 17, вытесняется из полости, открывая выпускающий односторонний клапан, который находится у нижнего основания цилиндра и поступает на лопасти турбины 20, приводя её в движение и активируя выработку электроэнергии встроенным электрогенератором.

Указанный клапан может быть компонован с соплом Лавая, что позволит увеличить давление сжатой газовой среды, количество оборотов турбины 20 и вырабатываемой генератором электроэнергии. Выходя из турбины, сжатый газ поступает в магистраль 19а, где открывая односторонний клапан, поступает в верхнюю часть цилиндра 20, изолированную от нижней его части, рабочим поршнем 18. Полученная в результате работы турбины 20, электроэнергия посредством кабеля 16, поступает на зарядный порт платформы 11, соединённой с центральным аккумулятором 13, питающим электродвигатель 15 через кабель 14. По мере спуска танкера 2, в тоннельный люк 9 проходного тоннеля 1, аккумулятор 13 достигает полной зарядки. После полного снижения танкер 2 и погружения его в люк 9, происходит стыковка продольных направляющих выступов направляющих ограничителей, что позволит обеспечить безопасное движение танкера 2 внутри тоннеля 1. Затем, путём сжатия крепления ведущего ролика, активируется работа электродвигателя 15, что ведёт к началу движения танкера в тоннеле. При этом фиксируется платформа 11 посредством фиксатора 21. После достижения танкером пункта назначения – перерабатывающего завода, осуществляется его разгрузка с помощью предусмотренного системой приёмно-разгрузочного устройства и танкер благодаря энергорекуперационным элементам возвращается в пункт отправки, выдвигается в тоннельный люк и система снова готова к приёму и транспортировке отходов. Движение танкера происходит в автономном режиме и не требует контроля.

Таким образом, предлагаемое изобретение создаёт более выгодную альтернативу дорогостоящему и экологически опасному использованию специализированного коммунального транспорта в условиях предлагаемой среды функционирования в Донецкой области.

Список литературы:

1. Статистическая информация (Электронный ресурс) / Главное управление статистики в Донецкой области – Режим доступа: <http://www.donetskstat.gov.ua/statinform/index.php>
2. Заявка на изобретение Украины / Энергоавтономная система транспортировки отходов II-V класса опасности / Бондаренко Иван Валерьевич. Заявка находится на рассмотрении в Укрпатенте.

К РАСЧЕТУ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ТРУБЧАТОЙ ПЕЧИ

Топоров А.А., Акусова А.А., Тихоненко Е.П., Ангельев Ф.А.

Донецкий национальный технический университет

Рассмотрены основные проблемы эксплуатации трубчатых печей для переработки каменноугольной смолы. Описан порядок расчета теплового режима печи. Поставлена проблема учета неравномерности нагрева труб в различных зонах печи.

Одним из основных агрегатов для переработки каменноугольной смолы являются трубчатые печи, предназначенные для нагрева смолы до температуры однократного испарения с целью дальнейшего разделения на отдельные фракции. От надежной работы трубчатых печей во многом зависит весь технологический процесс переработки каменноугольной смолы.

Наиболее важным показателем эффективной работы трубчатых печей является температура продукта на выходе из печи, т.к. она определяет дальнейшее качество и количество получаемых фракций. Поэтому одной из основных задач при эксплуатации трубчатых печей является обеспечение постоянства температурного режима, который зависит от множества различных факторов [1].

Особенностями работы трубчатых печей на коксохимических предприятиях является непостоянство, как рабочей среды - каменноугольной смолы, так и используемого для обогрева топлива – коксового газа.

Непостоянство состава коксового газа [2], используемого в качестве топлива, приводит к колебанию температуры дымовых газов и нарушению температурного и гидравлического режимов. Одной из проблем использования коксового газа в качестве топлива является наличие различных примесей, вызывающих интенсивное засорение горелочных устройств, а также коррозию внешней поверхности продуктового змеевика.

Каменноугольная смола является сложной многокомпонентной системой, состав и свойства которой сильно колеблются в зависимости от различных условий: качества и состава угольной шихты, системы отбора коксового газа, системы очистки смолы от примесей, влаги и т.д. [2]. Наиболее отрицательно на надежность трубчатых печей влияет повышенная влажность, зольность, а так же наличие коррозионноактивных веществ (например, серы) в смоле.

Невозможность обеспечения равномерного нагрева поверхностей змеевика, из-за конструктивных особенностей расположения труб, приводит к появлению местных перегревов, приводящих к интенсификации процессов коксообразования и прогорания труб.

В трубчатой печи происходит сложный процесс передачи тепла от раскаленных газов к каменноугольной смоле, текущей в трубах, причем здесь имеют место все три способа теплопередачи: теплопроводностью, конвекцией и излучением. Эту передачу тепла можно разделить на теплоотдачу от газов внешней поверхности трубы, теплопередачу через стенку трубы и на теплоотдачу от внутренней поверхности труб протекающей по ней жидкости [3].

Уравнение теплового баланса печи можно записать в виде:

$$Q_{сж.т} = Q_{пол} + Q_{пот} \text{ кДж/ч,}$$

где $Q_{сж.т}$ - тепло выделившееся при сжигании топлива, кДж/ч;

$Q_{пол}$ - полезное тепло, которое пошло на нагрев смолы, кДж/ч;

$Q_{пот}$ - тепловые потери, кДж/ч.

Т.к. нагрев смолы осуществляется двумя потоками – первая и вторая ступени нагрева, полезное тепло можно определить по формуле:

$$Q_{пол} = Q_1 + Q_2 \text{ кДж/ч,}$$

где Q_1 - полезное тепло, которое пошло на нагрев смолы в первой ступени, кДж/ч;

Q_2 - полезное тепло, которое пошло на нагрев смолы во второй ступени, кДж/ч.

Тогда для первой ступени:

$$Q_1 = Q_{б.см} + Q_в + Q_{исп} \text{ кДж/ч}$$

где $Q_{б.см}$ - тепло нагрева безводной смолы, кДж/ч;

$$Q_{б.см} = G_{см}(i_2 - i_1);$$

$Q_в$ - тепло нагрева и испарения содержащейся в смоле воды, кДж/ч;

$Q_{исп}$ - тепло испарения части легкой фракции, кДж/ч.

Тепло нагрева безводной смолы:

$$Q_{б.см} = G_{см}(i_2 - i_1) \text{ кДж/ч,}$$

где $G_{см}$ - количество перерабатываемой безводной смолы, кг/ч;

i_1, i_2 - теплосодержание смолы соответственно на входе и выходе из первой ступени, кДж/кг.

Тепло нагрева и испарения содержащейся в смоле воды:

$$Q_в = G_в(i_{в2} - i_{в1}) \text{ кДж/ч,}$$

где $G_в$ - количество воды в смоле, кг/ч;

$i_{в1}, i_{в2}$ - теплосодержание водяных паров соответственно на входе и выходе из первой ступени, Дж/кг.

Тепло испарения части легкой фракции:

$$Q_{исп} = V_{л.ф} \cdot G_{см} \cdot r_{л.ф} \text{ кДж/ч,}$$

где $V_{л.ф}$ - доля легкой фракции в смоле;

$r_{л.ф}$ - скрытая теплота испарения легкой фракции, кДж/кг.

Для второй ступени, полезное тепло:

$$Q_2 = (G_{см} - V_{л.ф} \cdot G_{см})(i_3 - i_4) \text{ кДж/ч,}$$

где i_3, i_4 - теплосодержание смолы соответственно на входе и выходе из второй ступени, Дж/кг.

Если, в результате недостаточного нагрева смолы в первой ступени, во вторую ступень попадает смола с большим содержанием влаги, тогда:

$$G_6 = G_{16} + G_{26},$$

где G_{26}, G_{16} - количество воды в смоле выделившейся после первой и второй ступени соответственно, кг/ч;

Тогда

для первой ступени:

$$Q_6 = G_{16}(i_{62} - i_{61}),$$

для второй ступени:

$$Q_2 = (G_{см} - V_{л.ф} \cdot G_{см})(i_3 - i_4) + G_{26}(i_{64} - i_{63}),$$

где i_{63}, i_{64} - теплосодержание водяных паров соответственно на входе и выходе из второй ступени, Дж/кг.

В этом случае температура на выходе из печи смолы будет недостаточной, т.к. большее количество тепла уйдет на нагрев воды, т.к. теплоемкость водяных паров больше. Поэтому важно контролировать температуру смолы на выходе не только из второй ступени, но и из первой, чтобы обеспечить полное выделение влаги.

Потери тепла складываются из потерь с дымовыми газами и потерь в окружающую среду вследствие излучения тепла кладкой печи и ретурбендами.

$$Q_{пот} = Q_{д.г} + Q_{кл.п} + Q_p,$$

где $Q_{д.г}, Q_{кл.п}, Q_p$ - потери с дымовыми газами, кладкой печи и ретурбендами соответственно, Вт.

Коэффициент полезного действия печи:

$$\eta = \frac{Q_{пол}}{Q_{сж.т}} \text{ Вт,}$$

Необходимое количество отопительного газа можно рассчитать по формуле:

$$V_{сж.т} = \frac{Q}{Q_n^p \cdot \eta_z} \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где Q_n^p - низшая теплотворность отопительного газа, кДж/м³;

η_c - коэффициент полезного действия горелочных устройств.

Т.к. в радиационной секции преобладает передача тепла трубам посредством излучения, а в конвективной конвекцией, то для удобства расчетов полезное тепло можно разделить на тепло поглощенное в радиационной и конвективной секции:

$$Q_{\text{пол}} = Q_r + Q_k, \text{ Вт,}$$

где Q_r - тепло поглощенное в радиационной секции, Вт;

Q_k - тепло поглощенное в конвективной секции, Вт.

Тепло поглощенное в радиационной секции:

$$Q_r = C_s H_s \left[\left(\frac{T_{\text{к1}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{\theta}{100} \right)^4 \right] + \alpha_k H_{\text{мп}} (T_{\text{к1}} - \theta),$$

где $T_{\text{к1}}$ - температура продуктов сгорания на выходе из радиационной зоны, К;

C_s - постоянная излучения абсолютно черного тела, равная 5,67 Вт/(м²К⁴);

H_s - эквивалентная абсолютно черная поверхность, м²;

α_k - коэффициент теплоотдачи свободной конвекцией, Вт/м²·К;

$H_{\text{мп}}$ - наружная поверхность радиационных труб, равная $H_{\text{мп}} = \pi d_n l \cdot n$ (l - длина трубы, n — число труб);

θ - средняя температура радиационных труб, К.

$$\theta = t_c^{\text{cp}} + q_m^{\text{cp}} \left(\frac{d_n}{d_{\text{oc}}} \frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_n}{d_{\text{вн}}} \frac{\delta_{\text{oc}}}{\lambda_{\text{oc}}} + \frac{\delta_{\text{т}}}{\lambda_{\text{т}}} \right) \text{К,}$$

где t_c^{cp} - средняя температура продукта в трубах, К;

q_m^{cp} - средняя тепловая нагрузка поверхности труб в радиационной зоне, Вт/м²,

$d_n, d_{\text{вн}}, d_{\text{oc}}$ - наружный и внутренний диаметр трубы, внутренний диаметр осадка, м;

α_1 - коэффициент теплопередачи от стенки трубы к продукту, Вт/м²·К;

$\delta_{\text{т}}, \delta_{\text{oc}}$ - толщина стенки трубы и осадка, м;

$\lambda_{\text{т}}, \lambda_{\text{oc}}$ - теплопроводность материала трубы и осадка, Вт/м·К.

Для определения эквивалентной абсолютно черной поверхности используем уравнение [3]:

$$H_s = \frac{\varepsilon_c}{\psi(T)} (\varepsilon_m H_{\text{л}} + \beta \varepsilon_{\text{F}} F) \text{ м}^2,$$

где ε_c - приведенная степень черноты газовой среды;

$\psi(T)$ - функция, зависящая от распределения температур в топке и в среднем равная 0,85;

ε_m - степень черноты труб;

ε_F - степень черноты кладки;

H_d - эффективная лучевоспринимающая поверхность; воспринимает столько же тепла, сколько и фактическая поверхность труб, m^2 ;

F - незранированная поверхность кладки, m^2 ;

$$\beta = \frac{1}{\frac{1 + \varepsilon_z}{1 - \varepsilon_z} \cdot \frac{1}{\varepsilon_m \cdot \rho_{F,H}}},$$

где $\rho_{F,H}$ - угловой коэффициент взаимного излучения поверхности кладки и труб, характеризующий долю взаимно направленного пучка от полного излучения поверхности.

Угловой коэффициент взаимного излучения (взаимной видимости) труб и кладки показывает во сколько раз эффективная поверхность H_{HF} взаимного излучения экрана труб и излучающей стенки больше поверхности радиационных труб H_{mp} :

$$\rho_{F,H} = \frac{H_{HF}}{H_{mp}},$$

H_{HF} можно определить графически. Для этого в любом масштабе вычерчиваем схему радиантной секции печи с размещенными в ней трубами. Ввиду симметричности секции на схеме (рис. 1) дана только половина ее. Для упрощения схемы в левом вертикальном ряду показаны нижние 8 труб из семнадцати, а в правом вертикальном ряду - верхние девять труб из семнадцати.

Расчетная поверхность взаимного излучения H_{HF} определяется для каждой трубы отдельно. Ввиду симметричного размещения труб относительно излучающей стенки, очевидно, достаточно найти для половины труб левого ряда, половины труб правого ряда, труб левой половины потолочного и нижнего экранов. Для получения средней расчетной поверхности H_{HF} одной трубы достаточно для нашего случая подсчитать H_{HF_i} для части вычерченных труб. Эти трубы на схеме рис. 1 занумерованы (1, 3, 5, 7, 9*, 11*, 13*, 15*, 17* и 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24).

Из точек А и В, ограничивающих высоту излучающей стенки, к каждой из занумерованных труб проводим касательные. Четыре касательные образуют у каждой трубы две воображаемые упругие нити, как бы натянутые на трубу,—внутреннюю и внешнюю. По методу «натянутых нитей» расчетная поверхность взаимного излучения для трубы определится так:

$$H_{HF_i} = 0.5(\cup A_i^* B_i^* + \cup A_i B_i)$$

Длину любой дуги можно найти геометрически:

$$\cup A_i B_i = \frac{\pi d_n}{360} \angle A_i O B_i$$

Средняя расчетная поверхность взаимного излучения для одной трубы экрана будет:

$$H_{HF}^{cp} = \frac{\sum_i^k H_{HF_i}}{k}$$

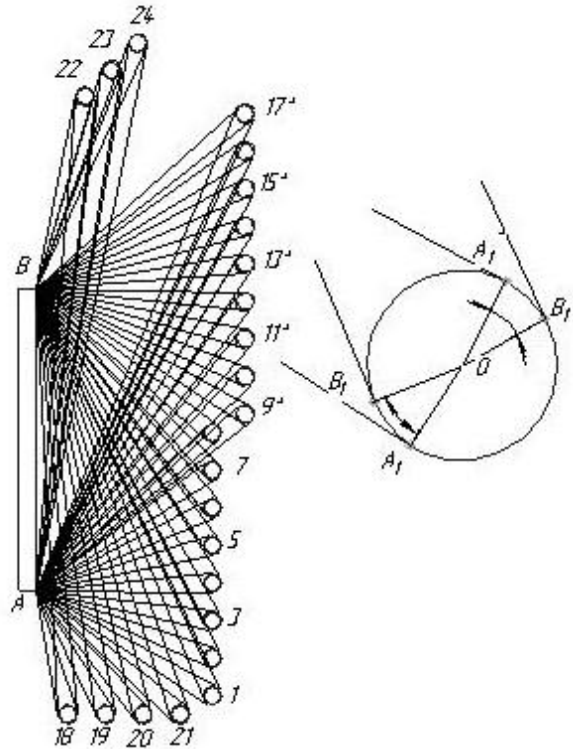


Рисунок 1 - Схема к расчету поверхности взаимного излучения. Поверхность взаимного излучения для всего экрана печи:

$$H_{HF} = N_{тр} H_{HF}^{cp},$$

где $N_{тр}$ - количество радиационных труб.

Поверхность незранированных стен радиационной секции F определяется из принятой схемы компоновки экранных труб.

При расчете радиационной секции необходимо учитывать вид источника тепла, т.к. он является одним из важнейших факторов, влияющих на количество переданного тепла. Источниками тепла могут выступать факел и раскаленные газы, заполняющие топку, или излучающая стенка, если применяются беспламенные горелки.

Эквивалентное излучение газов в случае теплообмена излучением между газом при температуре T_p и абсолютно черной поверхностью при температуре θ выражается отношением:

$$\varepsilon_2 = \frac{(\varepsilon_{CO_2} + \varepsilon_{H_2O}) - (\theta/T_p)^4 (\alpha_{CO_2} + \alpha_{H_2O})}{1 - (\theta/T_p)^4} (1 - \Delta\varepsilon),$$

где ε_{CO_2} , ε_{H_2O} - коэффициент излучение при температуре T_p ;
 α_{CO_2} , α_{H_2O} - коэффициент поглощение газов при температуре T_p ;
 $\Delta\varepsilon$ - поправка на одновременное излучение CO_2 и H_2O .
 Для упрощения возможно использовать формулу [3]:

$$\varepsilon_2 = \frac{2}{1 + 2,15n_g},$$

где n_g - коэффициент избытка воздуха.

Для печей с излучающими стенками топки [4]:

$$\varepsilon_2 = 1 - \lambda,$$

где λ - коэффициент прозрачности газовой среды, определяемый по таблице [4, с. 94] в зависимости от температуры газовой среды.

Количество тепла, передаваемое в конвективной секции смоле:

$$Q_k = F \cdot K \cdot \Delta t, \text{ кДж/ч}$$

где F - поверхность нагрева конвективной секции, m^2 ;

K - суммарный коэффициент теплопередачи от дымовых газов к смоле, $Вт/м^2 \cdot K$;

Δt - среднелогарифмическая разность температур между дымовыми газами и смолой, K .

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{\delta_{oc}}{\lambda_{oc}}},$$

где α_2 - коэффициент теплоотдачи от дымовых газов к стенке трубы, $Вт/(м^3 \cdot K)$, равный сумме коэффициентов теплоотдачи конвекцией α_k и излучением $\alpha_{л}$.

Основными факторами, определяющими величину коэффициента теплоотдачи конвекцией, являются температура и скорость движения дымовых газов, а также схема компоновки пучка труб (коридорный или шахматный порядок). Коэффициент теплоотдачи конвекцией α_k при движении воздуха или дымовых газов перпендикулярно к пучку труб определяется по формуле:

$$Nu = c \cdot \varepsilon_m \text{ Re}^h,$$

$$\alpha_k = c \cdot \varepsilon_m \frac{\lambda_{d,z}}{d_n} \left(\frac{\omega \cdot d_n}{\nu_{d,z}} \right)^h,$$

где c , ε_m , h - коэффициенты, зависящие от вида потока (прямоток, перекрестный поток и т.д.) и геометрического расположения труб;

$\lambda_{d,z}$ - теплопроводность дымовых газов, $Вт/(м \cdot K)$;

ω - скорость дымовых газов, $м/с$;

$\nu_{d,z}$ - кинематическая вязкость дымовых газов, $м^2/с$.

При тепловом расчете и проектировании печи необходимо учитывать не только среднюю тепловую нагрузку поверхности труб, но и

местную тепловую нагрузку, от которой зависит температура поверхности труб. В общем случае тепловая нагрузка отдельных труб различна и изменяется по периметру и длине трубы.

Изменчивость тепловой нагрузки проявляется особенно по периметру труб и определяется геометрическим расположением труб. Кроме того, изменчивость тепловой нагрузки отдельных частей трубчатой поверхности обуславливают [2]:

- температура и излучение газовой среды, которые не во всех местах топочной камеры одинаковы;
- отраженное излучение, поглощение которого зависит от размещения трубы в пространстве печи;
- повышенная конвекция в месте отвода газов из топочной камеры при большой скорости уходящих газов;
- температура продукта в трубах, от которой зависит температура поверхности труб.

Таким образом, на тепловой режим трубчатых печей влияют такие факторы: состав, количество сжигаемого топлива; количество воздуха; конструктивные особенности расположения труб (однорядное/двухрядное; вертикальное/горизонтальное; прямое/шахматное расположение и др.); особенности горелочных устройств (факельное горение, беспламенное и т.д.); изменчивость свойств и состава перерабатываемой среды; излучающая способность труб и стен печи и др.

При тепловом расчете необходимо учитывать неравномерность нагрева труб в различных тепловых зонах: радиантная, конвективная зоны для труб первой и второй ступени. Для каждой из этих зон расчет проводить с учетом температуры каменноугольной смолы, ее влажности, преобладающего способа передачи тепла.

Список литературы:

1. Чистяков А.Н., Химия и технология переработки каменноугольных смол/ Учебное пособие для вузов. - Челябинск: Metallургия. Челябинское отделение, 1990. 160 с.
2. Справочник коксохимика. В 6-ти томах. Том 3. Улавливание и переработка химических продуктов коксования/ под общ. ред. Е.Т. Ковалева. – Харьков: «ИНЖЭК», 2009.- 432 с.
3. Котишек Я., Род В. Трубчатые печи в химической промышленности. - Л.:ГосНТИ нефтяной и горно-топливной литературы, 1963. - 148с
4. Бахшиян Ц. А., Трубчатые печи с излучающими стенами топки, ГОСИНТИ, 1960.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕКОКОКСОВОГО БЛОКА

Топоров А.А., Боровлев В.Н., Холодов В.Е., Котляров И.А.
Донецкий национальный технический университет

В статье рассмотрены условия работы оборудования пекококсового блока. Выделены основные факторы, влияющие на ресурс работы этого оборудования. Предложены основные аспекты комплексного системного подхода к данному оборудованию.

Одним из востребованных продуктов коксохимических производств [1] является продукция смолоперегонных цехов: каменноугольный пек и получение из него продуктов путем термической переработки в тепловых агрегатах (камерные печи, кубовые установки и др.), который используется для следующих целей:

- для выработки кокса пекового (зольность не более 0,25-0,50 %) пека-связующего, используемых при получении анодной массы в производстве алюминия, электродов и электродных стержней;
- для производства строительных материалов;
- графитированных изделий, углеграфитовых блоков и т.д.;
- для изготовления брикетированного угольного топлива, мягкой кровли, пековых пластмасс и лака для защиты от коррозии труб.

Каменноугольный пек ГОСТ 1038-75 [1] имеет сложную неоднородную структуру углеводородов и химический состав. Пек бывает двух видов среднетемпературный и высокотемпературный, отличающийся температурой размягчения. Представляет из себя твердый продукт переработки каменноугольной смолы (выход 50-60% по массе). Однородное по внешнему виду, термопластичное вещество черного цвета с блестящим раковистым изломом. Элементный состав (%): 92-93 С, 4,3-4,7 Н, 0,3-0,85S, 1,7-1,8 N, 0,8-1,0 О. Плотность 1,2-1,3 г/см³, зольность 0,2-0,4% [2]. Не имеет определенных температур плавления и затвердевания; плавится в интервале, характеризуемом температурой размягчения. В процессе термопереработки среда претерпевает фазовый переход от жидкой к твердой.

Переработка каменноугольного пека выполняется по разным технологическим схемам и соответственно с различным аппаратным оформлением. Одним из распространенных методов является его переработка в камерных пекококсовых печах. Процесс переработки в камерных коксовых и пекококсовых печах имеет определенные схожие

параметры: температура коксования, способ выгрузки, тушение. Однако пекококсовые печи имеют конструктивные отличия от коксовых, которые определяются свойствами получаемого продукта – пекококка или пека. [3]

К наиболее существенным отличиям относятся:

количество камер в батарее: от 5 до 12 в зависимости от компоновки;
различные объемы камеры от 11,5 м³ до 17 м³, соответственно величины загрузки камеры;

различные конструкции обогрева (печи системы Штилля, Копперса, Гипрококка);

способы загрузки порционный или непрерывный в течение 3-5 часов;

способы предварительной подготовки каменноугольного пека для процесса коксования.

Следует отметить один из важных моментов процесса коксования каменноугольного пека: пек подается в жидком виде при температуре размягчения 140-150 °С, предварительно подогретого примерно до температуры 300-320 °С.

Рассмотрим основные факторы, влияющие на срок службы пекококсовых печей.

Фазовый переход из жидкой фазы каменноугольного пека в твердую фазу пекококка или пека. Загрузка жидкого каменноугольного пека в камеру коксования приводит к температурному удару простенков камеры. Соответственно возникают значительные термические напряжения, который воспринимает кладка при каждой загрузке; температура простенков камеры находится в интервале от 1000 до 1260°С в момент загрузки температура простенков падает ориентировочно до 700°С. Простенок камеры охлаждается на значительную глубину по направлению к обогревательным каналам, отдавая свое тепло на прогревание загрузки и дистилляцию пека.

Отдельный простенок испытывает: гидростатическое давление загруженного каменноугольного пека, а также давление при выдаче пекококка, причем поочередно то с одной, то с другой стороны, выходящей в соседние камеры.

Высокие нагрузки на кладку печи со стороны обслуживающих коксовых машин. Выдача пека из печей и их аппаратурное обслуживание протекает со значительными нагрузками на кладку:

примерно 200-250 кН при выдаче коксового пирога в начальный момент сдвига,

100-210 кН при снятии дверей.

Подача каменноугольного пека в жидко-вязком состоянии в камеры коксования. Большое влияние на надежность работы подачи и распределение по камерам коксования пека оказывает работоспособность

трубопроводной арматуры, предназначенной для работы с вязкими агрессивными средами и при значительных температурах.

Высокая коррозионная активность рабочей и окружающей сред. Значительные объемы производства, непрерывность, сложность и разнообразие состава рабочих и окружающих сред, которые являются: горючими токсичными, отравляющими, канцерогенными. По степени воздействия на организм человека пек относится ко II классу опасности по ГОСТ 12.1.007-76 [4]. Для интенсификации процессов применяют повышенные температуры и давление.

В соответствии с вышесказанным, оборудование пекококсового блока требует комплексного системного подхода. На основе системного подхода возможно проведение анализа работы оборудования, что позволит дать оценку ресурса работы оборудования [5].

В основном ресурс работы пекококсовых печей находится в интервале от 2,5 до 10 лет [3], но при проведении качественных и своевременных ремонтов возможно увеличение ресурса работы примерно в два раза. Заметные разрушения кладки данного вида печей начинаются уже после 6-8 месяцев работы. Поэтому для поддержания требуемого уровня технического состояния необходимо проведение технического обслуживания и ремонтных работ. Связанные с ними затраты в общем итоге повышает себестоимость готовой продукции.

Все выше перечисленные факторы указывают на сложность условий работы оборудования для переработки каменноугольного пека, работу при высоких температурах, большие объемы перерабатываемого материала, непрерывность технологических процессов, ответственность обвязочных загрузочных трубопроводов и трубопроводной арматуры, расположенной на пекококсовых печах, температурные перепады при переработке пека, значительные усилия на кладку при ее эксплуатации, что предопределяет комплексный подход для данных видов производств. Комплексный или системный подход включает в себя следующие аспекты.

1. Учет свойств рабочей среды и ее влияния на оборудование; температуры фазовых переходов, адгезионные свойства, проведение химического и структурного анализа.

2. Необходимость проведения качественной и своевременной диагностики, неразрушающий метод контроля. С помощью современных приборов неразрушающего контроля всевозможные данные можно получить, не останавливая производство и с большей точностью. Кроме того, если проводить диагностику с определенной регулярностью, возможно, получить скорость протекания

деградационных процессов. Например, скорость коррозии, образование и рост отложений, напряженно-деформированное состояние, распределение температур в наиболее ответственных узлах. Для тепловых агрегатов возможно измерение следующих параметров: температуры нагрева простенков, рост размеров печей, измерение температурных напряжений в подводящих коллекторах, измерение остаточных толщин трубопроводов и металлоконструкций. В случае проведения измерений различных параметров возможно учитывать их комплексного характера влияния на оборудование. Параметр, который измеряется, является вероятностной величиной, с определенным интервалом и доверительной вероятностью [6]. Набор вероятностных параметров, входящих в расчетные формулы даст вероятностную величину расчетной схемы [7]. Расчетная схема в свою очередь позволит дать оценку перехода из одного в другое состояние с определенной вероятностью.

Таким образом, оборудование пекококсового блока требует комплексного, системного подхода, который будет учитывать изменение состояния, вследствие, изменений расчетных схем, с заданной вероятностью. Это позволит создать его вероятностную математическую модель. Вероятностная модель сможет дать более обоснованные прогнозы относительно ресурса работоспособности оборудования. Соответственно принятие решений дальнейших действий будет правильным и позволит увеличить срок службы и повысить экономическую эффективность его работы.

Список литературы:

1. ГОСТ 1038-75 Пек каменноугольный. Технические условия.
2. Вредные вещества в промышленности, т. 1 - Органические вещества. Справочник, под ред. Н. В. Лазарева и Э. Н. Левиной, 7 изд., т. 1, Л., 1976, 165с.
3. Справочник коксохимика. / Под ред. А. К. Шелкова. Т. 2. - М., «Металлургия». 1965. 288 с.
4. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
5. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности – М.: ГНТБ «Безопасность» МИБ СТС. – 1996, 428 с.,
6. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций – М.: Издательство «Машиностроение» – 1990, 448 с.;
7. Топоров А.А., Боровлев В.Н., Третьяков П.В. Изменение расчетных схем элементов оборудования в процессе эксплуатации // Машиностроение и техносфера XXI века // Сборник трудов XVII Международной научно-технической конференции. Т3.- Донецк 2010. – С. 169-174.

ВОЗМОЖНОСТЬ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПБО НА КОКСОХИМИЧЕСКИХ ЗАВОДАХ УКРАИНЫ

**Парфенюк А.С., Кутняшенко А.И., Тасиц Д.И., Веретельник С.П.,
Костина Е.Д.**

Донецкий национальный технический университет

Для решения проблемы твердых бытовых отходов (ТБО) в мире последние 30-40 лет предложено множество технологий их переработки с получением полезной продукции, энергоносителей или энергии.

Наиболее распространенными и внедренными в мире являются термические методы, среди которых сжигание пока занимает лидирующее положение. Однако с точки зрения максимального использования энергохимического потенциала твердых отходов, обеспечения экологичности и высокой производительности, оптимальным является управляемый термолиз, позволяющий не только обезвреживать отходы, но и получать энергетическое топливо, химическое сырье и строительные материалы.

Донецким национальным техническим университетом (ДонНТУ) разработана технология комплексной переработки смесей твердых углеродистых промбытотходов (ПБО) методом термолиза в наклонных термолизных печах (НТП) с получением твердого термолизного топлива (ТТТ), полыхных химических продуктов и энергии - метод термолизно-энергетической рекуперации отходов - ТЭРО. Концептуальные основы метода ТЭРО ранее изложены в работах [1,2]. Кратко об основных положениях метода:

1. ТБО подготавливают и смешивают в заданных пропорциях с твердыми промтоходами, в основном, со шламами углеобогащения и фусами коксохимического производства;

2. В наклонных термолизных агрегатах, объединенных в батарею непрерывно происходит процесс уплотнения, проталкивания смеси и ее термолиз.

3. Летучие продукты термолиза отводятся на улавливание, где извлекаются ценные химические компоненты, а обратный газ очищают и направляют на обогрев.

4. Получаемое твердое термолизное топливо поступает в примыкающий к печам котлоагрегат и сжигается в кипящем слое с утилизацией теплоты сгорания. Зола от сжигания используется в производстве строительных материалов.

Сложность переработки любых смесей ПБО связана с непостоянством их свойств, а именно широким диапазоном изменений морфологического, фракционного состава, влажности, плотности, содержания органического вещества, теплопроводности и т.д. Эффективность переработки и качество получаемых продуктов существенно зависят от стабильности исходного сырья, поэтому важной стадией является предварительная подготовка перерабатываемой смеси.

В отличие от известных технологий, имеющих цель максимального разделения компонентов ТБО для их переработки наиболее подходящими процессами, предложен процесс управления свойствами смесей ПБО перед их совместной термической переработкой. Такой процесс создания из разных по свойствам исходных ПБО сложных, многокомпонентных, гетерогенных смесей с заданными, направленными свойствами назван компаундированием. Он включает усреднение, приготовление смеси заданного состава с добавлением при необходимости связующего и оптимальную обработку давлением.

Возможность управления позволяет повысить техногенную безопасность термической переработки уже на стадии анализа состава и приготовления смеси. Известно, что при термической переработке отходов образуются различные токсичные соединения, среди которых наиболее опасны вещества группы диоксина. Основные способы борьбы с ними сводятся к усовершенствованию печи и очистного оборудования, но не уменьшают их образования. В процессе же компаундирования еще до термообработки выделяют основные вещества, приводящие к образованию этих токсикантов и возможно добавлять соединения, уменьшающие образование при термолизе.

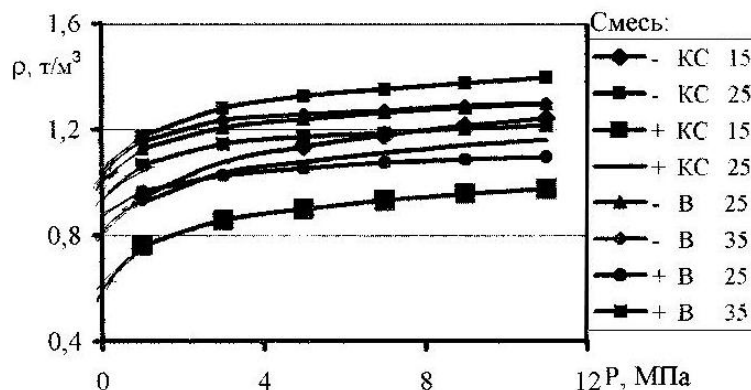
По вопросу свойств многокомпонентных смесей ПБО имеются только незначительные данные [3,4], а создание процесса управления и их стабилизации требует знания закономерностей изменения этих свойств под действием таких управляющих факторов, как состав, давление уплотнения, влажность, плотность и др. Для обоснования и разработки процесса компаундирования были проведены исследования свойств компаунд-смесей и полученного из них ТТТ.

Исходная насыпная плотность ТБО имеет малые значения (менее 500 кг/м³), что не позволяет эффективно и экономично проводить процесс термолизной переработки и требует уплотнения такого сырья. Уплотняемости смесей ТБО способствует добавка связующих в определенных количествах и подогрев перед прессованием и препятствует некоторым компонентам ТБО, обладающим значительными упругими свойствами и содержащим большие объемы газовой фазы, которая может быть частично уменьшена при измельчении ТБО. При этом насыпная

плотность повышается до 600 – 1000 кг/м³ в зависимости в основном от степени измельчения и влажности.

Исходные пробы для использования содержали измельченные до крупности 10-12 мм ТБО базового состава на сухую массу, %: 56 – пищевых отходов, 22 – макулатуры, 12 – дерева, 5 – полимерных материалов, 2 – текстиля и 3 – прочих материалов и усредненный шлам углеобогатительной фабрики Авдеевского коксохимического завода. В качестве связующего добавлена кислая смолка сульфатного отделения. Для уменьшения вязкости ее перед добавкой к смеси нагревали до температуры 80 °С.

Из смесей с различным содержанием смолки и воды изготавливали брикеты в винтовом прессе при давлении 10 МПа. По результатам эксперимента получены компрессионные кривые (рис.1), характеризующие способность материала изменять плотность при изменении накладываемого на него давления [5].



+/- - наличие/отсутствие пластмассы и ПЭТ-тары в смеси
 КС или В 15 – соответственно кислая смолка или вода и их
 содержание в смеси

Рисунок 1 – Компрессионные кривые для компаунд-смесей различных составов

Наличие в смеси частиц полиэтилена и ПЭТ-тары, обладающих значительными упругими свойствами, снижает конечную плотность брикетов на 7-20%, по сравнению со смесями, где такие частицы заменены по массе бумагой и пищевыми отходами. Увеличение же количества воды в смеси до 35% неэффективно вследствие малого прироста плотности и большого количества выделяющейся жидкости при прессовании. При увеличении количества кислой смолки более 10% конечная плотность брикетов при уплотнении возрастает незначительно, хотя прочность на раскалывание растет, а энергоёмкость уплотнения снижается: при равной

плотности брикетов и меньших энергозатратах на процесс уплотнения можно получить более прочные брикеты.

Нагрев смесей перед прессованием до 80 °С увеличивает плотность брикетов на 6-7% и уменьшает коэффициент упругого расширения. Это объясняется размягчением смеси шлама с кислой смолкой при повышении температуры и поверхностно-активными свойствами последней. Нагрев до температуры выше 100 °С нежелателен из-за высыхания смеси.

Компрессионные и прочностные испытания показали также, что компаунд-смеси являются квазиизотропными материалами (изотропными при некоторых условиях) и имеют значительные коэффициенты анизотропии. Уже при малых давлениях уплотнения (4-7 МПа) образуется явно выраженная слоистая структура смеси отходов: плоские слои ТБО соединяются прослойками мелких частиц шлама. Вследствие этого прочность брикета в поперечном направлении будет понижена, по сравнению с продольным.

Коэффициенты упругого расширения ($K_u=1.1\div 1.2$) многокомпонентных смесей неоднородных по физико-механическим свойствам материалов не позволяют получать брикеты необходимой, постоянной плотности и прочности за одну стадию прессования. В связи с этим изучены процессы многократного уплотнения компаунд-смесей. Смеси прессовали до давления 10 МПа, затем нагрузка снималась и полученные брикеты прессовали также до этого давления. При нескольких прессованиях наблюдали ряд эффектов: увеличение конечной плотности и прочности, уменьшение коэффициентов упругого расширения и бокового давления и энергоемкости уплотнения (на 50-60%), возрастание времени релаксации внутренних напряжений (от 0.5 до 1-3 МПа). На рисунке 2 показаны компрессионные кривые при двухстадийном прессовании смесей. Полученные результаты показывают необходимость 2-3 стадий уплотнения компаунд-смесей.

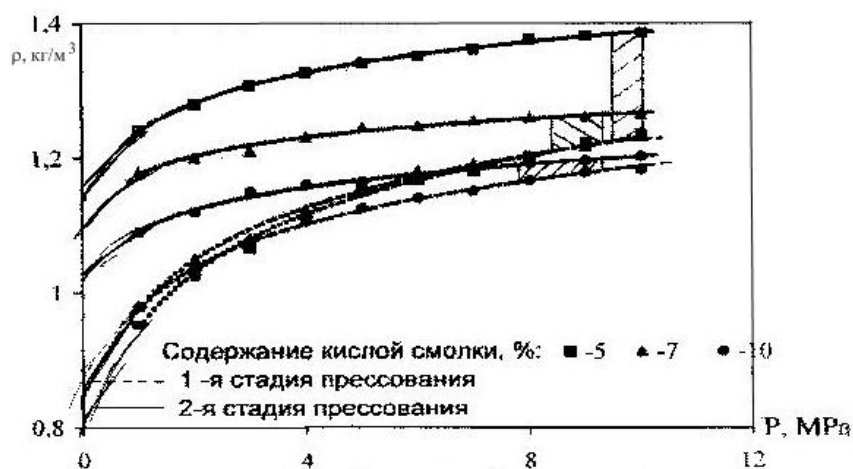


Рисунок 2 – Компрессионные кривые при двухстадийном прессовании компаунд-смесей

Результаты технического анализа исследованных смесей, а также определенные теплоты сгорания этих компаунд-смесей показывают, что они обладают высокой зольностью (35÷39%), большим выходом летучих (33÷48%) и сравнительно низкой сернистостью (1,7÷2,3%) при достаточно высокой теплоте сгорания (18,4÷18,5 МДж/кг) [6].

Твердое термолизное топливо получено методом контейнерного термолиза компаунд-смесей в действующей коксовой смеси в действующей коксовой печи при температуре 1050 °С и периоде коксования 27 часов. Исходные смеси имели 10-% влажность и брикетировались при различных давлениях в диапазоне 5÷12 МПа. В результате исследований были установлены характеристики полученного ТТТ [6,7]. Топливо имеет высокую зольность (46÷50%), небольшой, практически постоянный для разных смесей, выход летучих (2.3÷2.4%). Содержание серы в ТТТ невелико (0.7÷1.0%) и немного возрастает с увеличением содержания кислой смолки в исходной компаунд-смеси.

Определены прочностные и плотностные свойства ТТТ [6]. Плотность топлива из различных компаунд-смесей составила 550-850 кг/м³, предел прочности на сжатие $\sigma_{сж}=0.5\div0.65$ МПа и на растяжение $\sigma_{р}=0.05\div0.3$ МПа. Нужно отметить, что давление уплотнения компаунд-смесей до 7÷8 МПа не оказывало существенного влияния на прочность ТТТ, при давлениях более 8 МПа наблюдается значительное (в 6 раз) увеличение прочности на растяжение и небольшое увеличение прочности на сжатие, что говорит о возрастании пластичности материала и уменьшении его хрупкости. Уплотнение таких смесей желательно проводить при давлении более 10 МПа.

Энергетическая ценность ТТТ составила 16.2÷16.5 МДж/кг. С учетом того, что по технологии теплота нагретого ТТТ утилизируется, общая энергетическая ценность составляет 17.5 МДж/кг. Это является вполне приемлемым для энергетического топлива. Утилизация такого высокозольного топлива может быть эффективно проведена в котлоагрегатах с кипящим слоем [8].

Список литературы:

1. Парфенюк А.С., Веретельник С.П., Кутняшенко И.В., Топоров А.А., Мельниченко А.Г. Проблема создания промышленных агрегатов для переработки твердых углеродистых отходов. Возможности ее решения // Кокс и химия 1999. - № 3. – С. 40-44.
2. Парфенюк А.С., Антонюк С.И., Топоров А.А., Альтернативное решение проблемы твердых отходов в Украине // Экотехнологии и ресурсосбережение. - № 4, 2002 г., с.36-41.

3. Шубов Л.Я., Ройзман В.Я., Дуденков С.В. Обогащение твердых бытовых отходов. – М.: Недра, 1987, - 238 с.
4. Обезвреживание, переработка и использование твердых бытовых отходов. Научные труды Академии коммунального хозяйства им. К.Д.Панфилова / Вып. 119, М., 1975, - 141с.
5. Генералов М.Б. Механика твердых дисперсных сред в процессах химической технологии: Учебное пособие для вузов. – Калуга: Издательство Н.Бочкаревой, 2002. – 592 с.
6. Парфенюк А.С., Антонюк С.И. Получение твердого топлива из смесей углеродистых промышленных и бытовых отходов // кокс и химия. – 2001. - №5. – С. 44-47.
7. Парфенюк А.С., Антонюк С.И. Определение режима подготовки компаунд-смесей углеродистых промбытотходов к термолizu / Сборник научных трудов ДНТУ. Серия: Химия и химическая технология. Выпуск 14., Донецк, 2001. – С. 82-86.
8. Майстренко О.Ю., Мальчевский I.A. Шляхи вдосконалення технологій спалювання вугілля в котлоагрегатах // Екотехнології и ресурсосбереження. 2000. - №4. – С.3-6.

УДК 628.47: 628.56

ЗАЩИТА АППАРАТУРЫ ДЛЯ ГРАНУЛИРОВАНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ И ВЯЗКИХ СВЯЗУЮЩИХ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Парфенюк А.С., Сокур А.А., *Antonyuk S., *Heinrich S., *Salikov V.

Донецкий национальный технический университет ;

*Institute of Solids Processes Engineering and Particles Technology, Hamburg
University of Technology, Denickestr. 15, 21073 Hamburg, Germany

Качество металла во многом зависит от качества сырья используемого при его производстве. Одним из наиболее важных сырьевых материалов является угольный кокс.

Современное коксохимическое производство является сложным технологическим комплексом, который характеризуется большим количеством потребляемого сырья (угольных концентратов) и вспомогательных материалов, непрерывностью производства, разнообразием технологических процессов и аппаратов, большим ассортиментом производимой продукции, значительным количеством материальных и энергетических потоков с образованием побочных продуктов и отходов.

При подготовке угля к коксованию осуществляется большое количество технологических процессов с участием дисперсных материалов различного гранулометрического состава, в том числе мелкой угольной пыли. Угольная пыль представляет опасность для любого механического оборудования. Мелкодисперсная пыль способна подниматься потоками

воздуха, находиться во взвешенном состоянии, проникать в подвижные узлы механического оборудования ухудшая их подвижность, ускоряя износ и приводя к преждевременному выходу из строя этих узлов. Так же взвешенная в воздухе угольная пыль значительно ухудшает условия труда в помещении цеха.

Рассматривается возможность гранулирования угольной пыли с добавлением каменноугольных фусов и шламов в аппаратах с фонтанирующим слоем с использованием кислой смолки как связующего. Такой подход позволит собрать жидкие и мелкодисперсные опасные отходы коксохимического производства в отдельные образования (гранулы, агломераты), удобные для хранения, транспортировки и переработки. Это позволит удобно утилизировать обработанные материалы по методу термолизно-энергетической рекуперации (ТЭРО), которая позволяет перерабатывать отходы с получением энергии, полезных химических продуктов и сырья для строительной промышленности.

Аппарат с фонтанирующим слоем подвержен непрерывному воздействию со стороны пылевидных материалов и вязкой жидкости. В случае неудачного проектирования рабочей камеры в ней могут образовываться застойные зоны, в которых будет скапливаться связующее вещество и частично пылевидные частицы. В дальнейшем скопившийся материал может забить канал подачи воздуха в аппарат, что приведет к его остановке и необходимости технического обслуживания, а значит к внеплановому простоем технологической линии.

Поэтому большое значение имеет исследование процесса фонтанирования дисперсного материала в потоке воздуха с целью определения характера движения частиц, нахождения застойных зон и получения оптимальной конструкции рабочей камеры аппарата.

Для исследования характера движения частиц в проектируемом аппарате, было осуществлено компьютерное моделирование процесса фонтанирования с использованием программных пакетов FLUENT и EDEM.

На основе созданной 3d-модели аппарата была получена конечно-элементная сетка пространства рабочей камеры аппарата, которая была использована при моделировании. Также экспериментально были определены некоторые характеристики материала, такие как коэффициенты трения, восстановления и др.

В начальный момент моделирования частицы дискретного материала были неподвижны и находились в нижней части аппарата. В этот же момент в нижнюю часть аппарата включалась подача воздуха. Под действием воздуха масса материала начала приходить в движение и на протяжении первой секунды моделирования были заметны пульсации

материала в рабочей камере аппарата. После первой секунды моделирования пульсации материала стихли и установился более стабильный режим фонтанирования. Этот характер движения частиц можно проследить на рисунке 1а, где представлена зависимость изменения средней высоты слоя частиц в аппарате с течением времени.

На рисунке 1б приведен снимок стабильного фонтанирующего слоя. Цветом частиц обозначена проекция скорости на вертикальную ось. Движение красных и желтых частиц направлено вверх, зеленые – также двигаются вверх, но с менее высокой скоростью, а направление движения синих частиц – вниз вдоль стенок аппарата к зоне подачи воздуха.

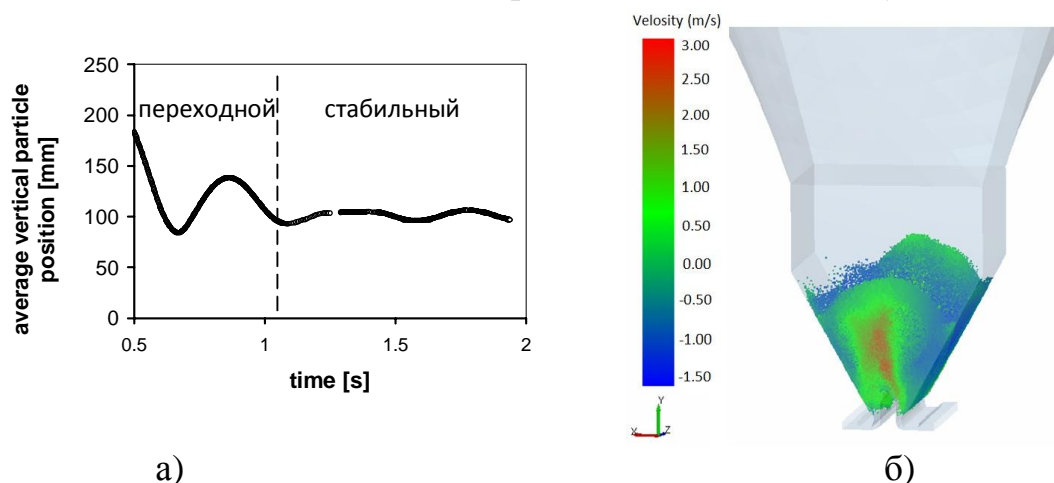


Рисунок 1 – Определение режима фонтанирования: а – диаграмма зависимости средней высоты фонтанирующего слоя от времени; б – характер движения частиц фонтанирующего слоя в стабильном режиме

При стабилизации фонтанирующего слоя функция распределения проекции скорости на вертикальную ось стабилизируется и остается практически постоянной весь период времени существования стабильного фонтанирования. При этом в нестабильном режиме существуют моменты, когда преобладает какое-то одно направление движения частиц. То есть проекция скорости всех частиц на вертикальную ось выше или ниже нуля. Движение частиц вверх и вниз поочередно сменяет друг друга, что мы и наблюдали в виде пульсаций переходного режима. В отличие от этого, в стабильном режиме в любой момент времени существуют небольшая часть частиц, движение которых направлено вверх, и большая часть частиц, медленно движущихся вниз вдоль стенок аппарата к зоне подачи воздуха. Такая зависимость сохраняется для всего времени существования стабильного фонтанирующего слоя. Таким образом, изменение функции распределения скорости частиц также можно использовать, как критериальный параметр для определения режима фонтанирования.

Для исследования влияния стенок аппарата на характер движения частиц рабочая камера была разделена на три зоны: центральная зона и две околостенные зоны (рис. 2)

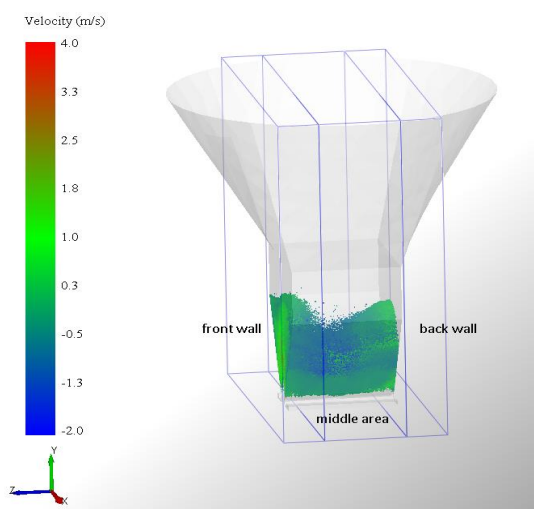


Рисунок 2 – Деление аппарата на три зоны

Движение частиц в этих трех зонах рассматривалось отдельно и сопоставлялось на диаграммах для сравнения.

На рисунке 6 представлены зависимости изменения средней линейной, угловой скоростей частиц а также средней высоты слоя от времени для трех исследуемых зон.

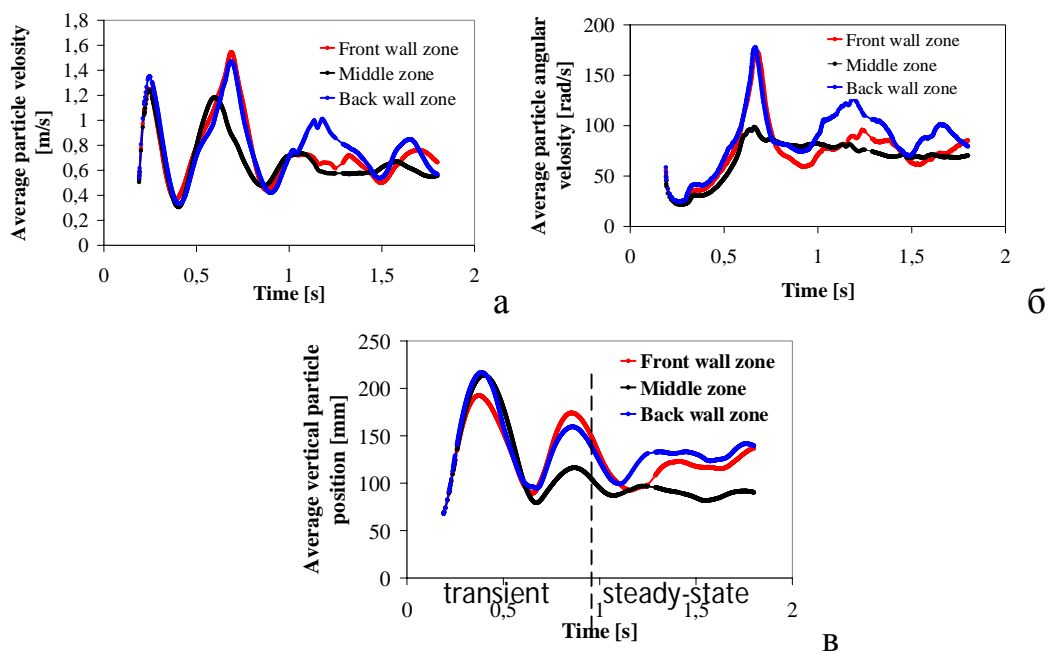


Рисунок 6 – Характеристика слоя в трех зонах: а – изменение линейной скорости частиц; б – изменение угловой скорости частиц; в) средняя высота фонтанирующего слоя

Полученные данные позволяют сделать вывод, что столкновение частиц со стенками аппарата оказывает свое влияние на характер движения частиц. Так в околостенных зонах незначительно повышается линейная скорость частиц и средняя высота фонтанирующего слоя по отношению к средней линейной скорости и высоте слоя во всем аппарате. Также стенки оказывают значительное влияние на угловую скорость частиц. Угловая скорость частиц в околостенных зонах гораздо выше средней угловой скорости в аппарате. Можно сделать вывод, что столкновения частиц со стенками аппарата происходят под большим углом, что придает им вращение.

Таким образом были установлены некоторые зависимости взаимодействия рабочей камеры аппарата и взвешенного слоя мелкодисперсных частиц. Полученные данные можно использовать при проектировании рабочей камеры аппарата для снижения средней угловой скорости частиц, что положительно скажется на процессе фонтанирования в целом а также уменьшит негативное влияние мелкодисперсных частиц на стенки аппарата.

Список литературы:

1. Генералов М.Б. и др. Расчет оборудования для гранулирования минеральных удобрений. М.:Машиностроение, 1984. 192 с.
2. Фролов В.Ф. Моделирование сушки дисперсных материалов. - Л.:Химия, 1986–208 с.
3. Van Buijtenen M.S., Deen N.G., Heinrich S., Antonyuk S., and J.A.M.Kuipers A discrete element study of wet particle-particle interaction during granulation in a spout fluidized bed // Canadian Journal of Chemical Engineering 9999, 1-10 (2009).

О ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ГОЛОВНОЙ ФРАКЦИИ СЫРОГО БЕНЗОЛА РЕАГЕНТНИМ МЕТОДОМ

Крутько И.Г., *Комаров А.С., Кипря А.В., Семченко С.А.

*ЗАО «Донсталь»

Донецкий национальный технический университет

Рассмотрены физико-химические основы процесса взаимодействия сероуглерода головной фракции сырого бензола с аммиаком. Изучено влияние температуры и мольного соотношения реагентов на степень извлечения сероуглерода из головной фракции. Показана возможность полного извлечения сероуглерода из головной фракции обработкой ее водным раствором аммиака.

Сырой бензол, получаемый в процессе коксования каменных углей, сам по себе не находит практического применения и подвергается дальнейшей переработке для получения чистых продуктов. Схема переработки сырого бензола включает стадию предварительной ректификации, обеспечивающую отделение низкокипящих и высококипящих сернистых и непредельных соединений. Получаемая при этом смесь низкокипящих компонентов называется головной, или сероуглеродной фракцией. Выход головной фракции составляет 2,0 – 3,5%. На предприятиях, перерабатывающих сырой бензол, полученный из сернистых донецких углей, головная фракция содержит 25 – 45% сероуглерода, 15 – 25% циклопентадиена, и 15 – 35% бензола [1,2].

Сероуглерод и циклопентадиен обладают близкими температурами кипения (42,5 и 46,5°С соответственно) поэтому их практически невозможно разделить только ректификацией.

В настоящее время в промышленности переработку головной фракции ведут методом термической полимеризации, основанным на свойстве циклопентадиена образовывать под действием нагрева дициклопентадиен с намного более высокой, чем у всех остальных компонентов фракции температурой кипения 166,6°С [1,2].

Такой способ переработки головной фракции сырого бензола требует громоздкого оборудования, больших затрат времени и энергии. Процесс сопровождается большими (до 30%) потерями сероуглерода, бензола, циклопентадиена, сырьем для получения которых является в данном случае каменный уголь – невозобновляемый источник энергии. Упомянутые вещества являются весьма токсичными, попадая в атмосферу, они наносят вред окружающей среде. Таким образом, безвозвратные

потери энергии и ресурсов сопровождаются ухудшением экологической обстановки.

Выделение сероуглерода из головной фракции в свободном виде сопряжено с пожаро- и взрывоопасностью [1,2].

В свете вышеизложенного представляется актуальной разработка новых методов переработки сероуглеродной фракции сырого бензола.

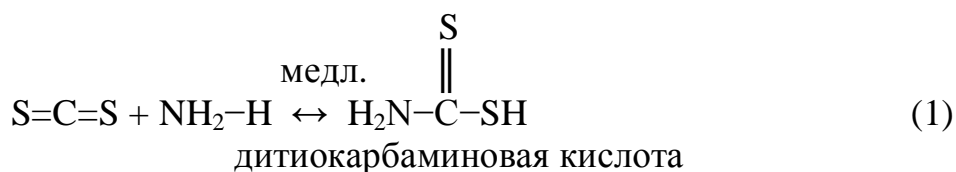
В настоящей статье представлены результаты по исследованию в лабораторных условиях способа извлечения сероуглерода из головной фракции путем связывания его химическим реагентом с получением ценных химических продуктов, безопасных при использовании, хранении и транспортировке.

В качестве реагента для извлечения сероуглерода из головной фракции был испытан водный раствор аммиака. Выбор аммиака обусловлен тем, что он является относительно недорогим и доступным. Кроме того, аммиак может избирательно взаимодействовать с сероуглеродом головной фракции. Получаемые при взаимодействии сероуглерода с аммиаком соединения могут быть использованы для производства важных и ценных химических продуктов.

Применение аммиака не требует специального оборудования, высоких температур и дорогих катализаторов. Другое преимущество данного процесса – высокая скорость взаимодействия при обычных условиях и легкость отделения в виде водных растворов соединений сероуглерода с аммиаком.

В зависимости от температуры химизм процесса взаимодействия сероуглерода с аммиаком может быть представлен следующими реакциями [3-5]:

Схема 1, $t \geq 120^\circ\text{C}$



дитиокарбамина́т аммония

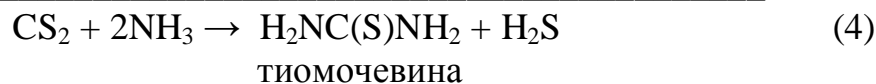
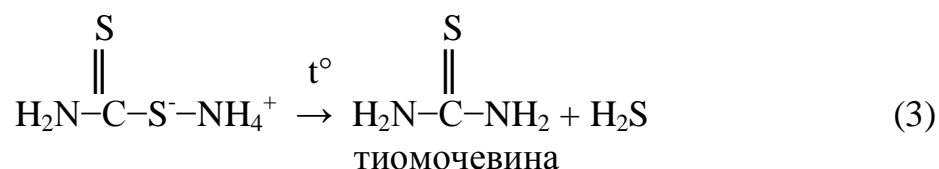


Схема 2, $t=113^\circ\text{C}$

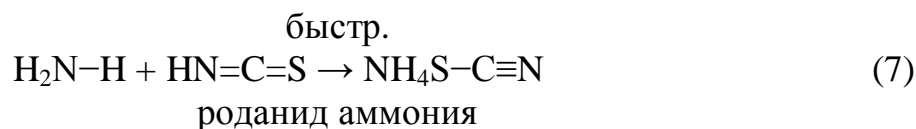
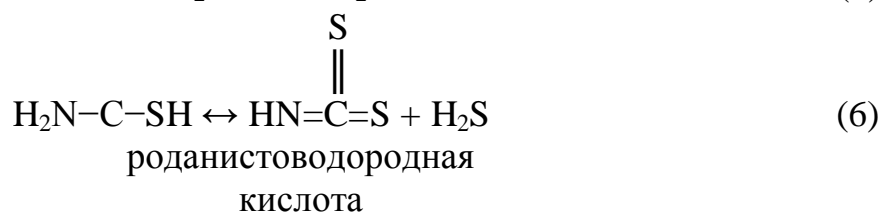
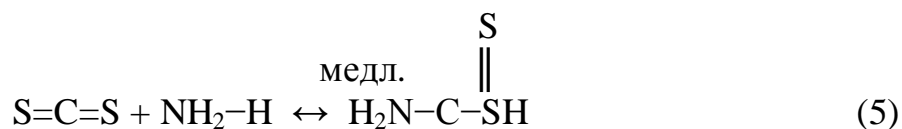
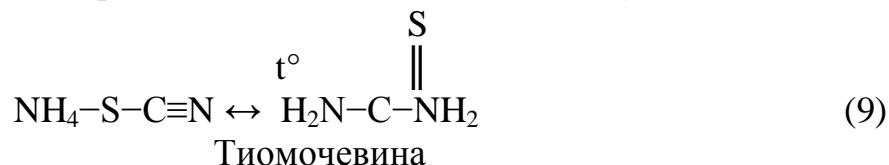
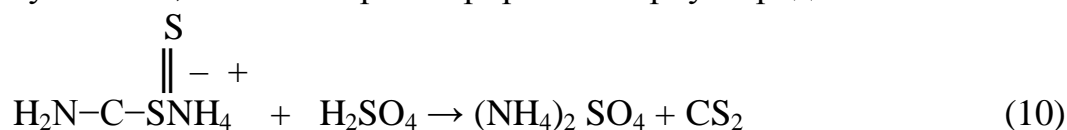


Схема 3. Изомеризация роданида аммония в тиомочевину, $t \geq 160^\circ\text{C}$



В соответствии с представленными реакциями при взаимодействии сероуглерода с аммиаком можно получить роданид аммония, тиомочевину, соли дитиокарбаминовой кислоты.

Кислотное разложение дитиокарбамината аммония, которое реализуется в обычных условиях, позволяет регенерировать сероуглерод.



Таким образом, представляется возможным реализация технологии производства чистого сероуглерода из головной фракции в виде готового продукта.

Очищенный сероуглерод является сырьем для производства вискозного волокна, ксантогенатов и др. [2,6].

В настоящее время промышленный органический синтез сероорганических соединений основан на применении сероуглерода или тиомочевины и ее производных. Применение роданистого аммония взамен токсичного и взрывоопасного сероуглерода позволит расширить ассортимент сероорганических продуктов, таких как замещенные тиомочевины, этилен- и пропилендиомочевины и др. Роданистоводородная кислота способна легко изомеризоваться в весьма реакционноспособную изотиоциановую кислоту, которая легко вступает в реакции присоединения с ненасыщенными соединениями, аминами. Соли ее легко алкилируются, образуя при этом роданоорганические соединения или реакционноспособные изотиоцианаты.

Основной задачей на данном этапе исследований ставилось извлечение сероуглерода из головной фракции. Поскольку взаимодействие сероуглерода и аммиака протекает через ряд последовательных стадий и зависит от условий проведения процесса, необходимо было определить влияние соотношения реагентов и температуры на степень извлечения сероуглерода из головной фракции.

В лабораторных условиях была проведена серия экспериментов, в которой использовалась головная фракция следующего состава, % (масс.):

- сероуглерод – 26,6;
- циклопентадиен и дициклопентадиен – 39;
- бензол – 26,7;
- легкокипящие ненасыщенные и насыщенные углеводороды – 7,8.

Исследования проводили в автоклаве в температурном интервале 80-150°C, куда помещали смесь головной фракции и водного раствора аммиака.

Компонентный состав головной фракции до и после взаимодействия определяли хроматографическим методом. Аммиак использовали в виде водного раствора с концентрацией NH_3 – 25%, плотностью 0,910 г/см³ (15°C), парциальное давление паров аммиака 0,1МПа (40°C).

Так как температура кипения сероуглерода 42°C, а водный раствор аммиака имеет высокое парциальное давление, очевидно, что взаимодействие между CS_2 и NH_3 в интервале температур 80-150°C протекает в газовой фазе. Давление, создаваемое в автоклаве, благоприятно влияет на реакции 4,8, т.к. они идут в газовой среде с уменьшением числа молей компонентов системы и сопровождаются

поглощением образующихся продуктов (дитиокарбаминат аммония, тиомочевина, роданид аммония) водной фазой.

На рис.1 представлены результаты экспериментальных исследований зависимости степени извлечения CS_2 из головной фракции от мольного соотношения $NH_3:CS_2$. Из полученных данных видно, что при изменении соотношения $NH_3:CS_2$ с 2:1 до 7:1 степень извлечения сероуглерода увеличивается с 77,3% до 99,8%. При стехиометрическом соотношении $NH_3:CS_2 = 2:1$ степень извлечения CS_2 составляет 77,3%. Образующийся по реакциям 4,8 сероводород взаимодействует с аммиаком по схеме:

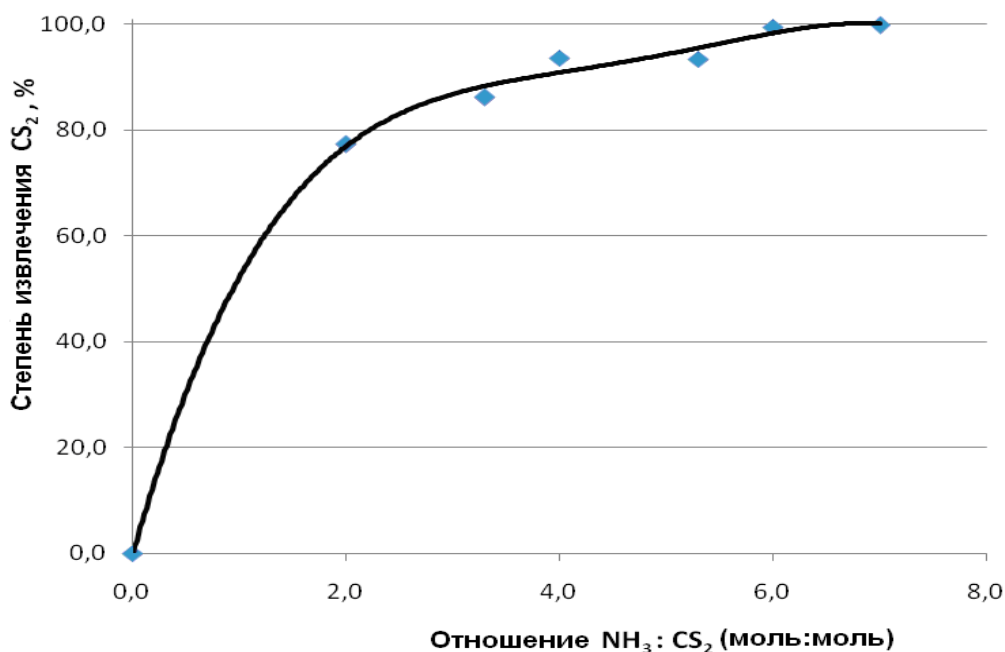
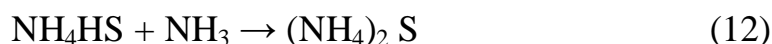
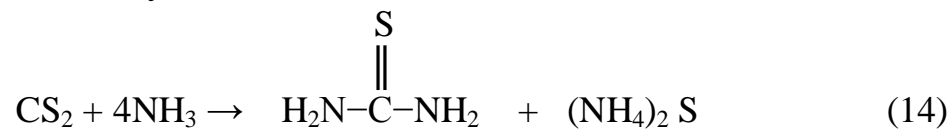


Рисунок 1 - Зависимость степени извлечения CS_2 от соотношения $NH_3:CS_2$
Температура $120^\circ C$, время выдержки 3 ч

Возрастание избытка аммиака способствует увеличению степени извлечения сероуглерода до 93,6% ($NH_3:CS_2 = 4:1$) и достигает значения 99,5 при соотношении $NH_3:CS_2 = 6:1$.

Суммарное уравнение химической реакции при избытке NH_3 может быть представлено в следующем виде:



Данные по влиянию температуры на процесс представлены на рис.2.

Анализ полученных данных показал, что при увеличении температуры с 85 до 150°C степень извлечения сероуглерода возрастает с 75,5 до 98% (соотношение $\text{NH}_3:\text{CS}_2 = 5:1$). При температуре 115°C достигается практически полное извлечение сероуглерода из органической фазы в водную фазу в форме роданистых соединений (при соотношении $\text{NH}_3:\text{CS}_2 = 7:1$). После 115°C изменение степени извлечения от температуры $\frac{d\eta}{dT}$ носит затухающий характер.

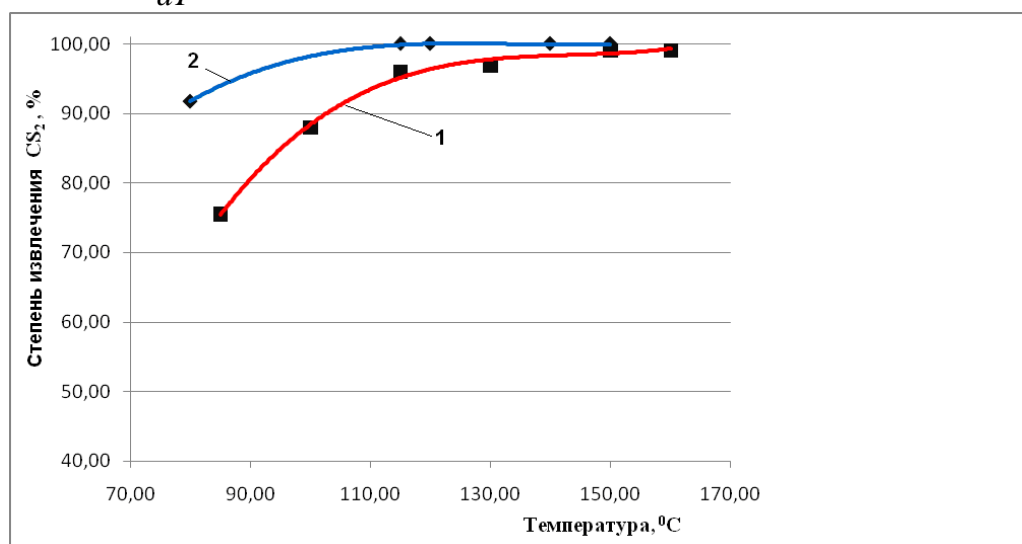


Рисунок 2 - Зависимость степени извлечения сероуглерода от температуры

1 –соотношение $\text{NH}_3:\text{CS}_2 = 5:1$,

2 - соотношение $\text{NH}_3:\text{CS}_2 = 7:1$

Для выяснения механизма протекания химической реакции взаимодействия сероуглерода с аммиаком проанализировали водную фазу на содержание роданистого аммония и органическую фазу на содержание сероуглерода.

Кинетические кривые степени извлечения сероуглерода и степени его превращения в роданистый аммоний представлены на рис.3.

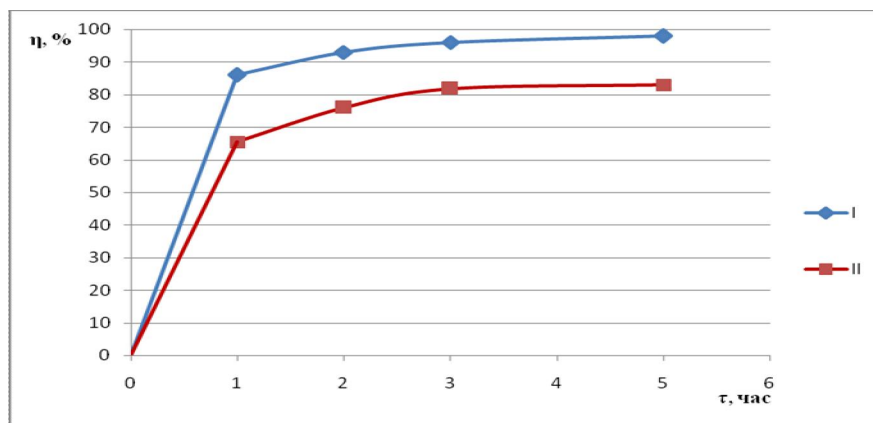


Рисунок 3 - Кинетические кривые степени извлечения сероуглерода из головной фракции(I) и степени превращения сероуглерода в роданистый аммоний (II) при соотношении $CS_2:NH_3=5:1$, $t=115^\circ C$

По кинетическим кривым можно сделать вывод, что взаимодействие сероуглерода и аммиака при $t = 115^\circ C$ идет преимущественно по схеме 2 (реакция 8), так как степень превращения $CS_2 \rightarrow NH_4SCN$ составляет 87% от степени извлечения сероуглерода из головной фракции. Однако, можно предположить, что параллельно наблюдается и превращение сероуглерода по схеме 1.

Выводы. Экспериментальные исследования процесса извлечения сероуглерода из головной фракции сырого бензола водным раствором аммиака показали, что процесс протекает через ряд последовательных стадий. По кинетическим кривым определено, что взаимодействие сероуглерода и аммиака при температуре $115^\circ C$ идет преимущественно с образованием роданида аммония. Установлено, что при мольном соотношении $NH_3:CS_2 = 7:1$ достигается практически полное извлечение сероуглерода из органической фазы в водную в форме роданистых соединений.

Список литературы:

1. Лейбович Р.Е., Яковлева Е.И., Филатов А.Б. Технология коксохимического производства. – М: Металлургия, 1982. – 360 с.
 2. Коляндр Л.Я. Новые способы переработки сырого бензола. – М.: Металлургия, 1976 - 192 с.
 3. Химическая энциклопедия, т.4, под ред. Зефирова Н.С. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1995 – 639 с.
 4. Губен И. Методы органической химии, т.III, вып.3. – М: ОНТИ, 1935 – 628 с.
 5. Кульберг Л.М. Синтезы органических реактивов для неорганического анализа. – М: Госхимиздат, 1947 – 165 с.
- Попов А.А., Рожнятовский И.И., Зайченко В.М. и др. Применение роданистых солей в органическом синтезе // Кокс и химия, 1973. – № 10. – С. 43-45.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА АГЛОМЕРИРОВАНИЕ ЧАСТИЦ

Парфенюк А.С., Карпенко Е.И., *Antonyuk S., *Salikov V.,
*Heinrich S.

Донецкий национальный технический университет ,
*Технический университет Гамбург-Харбург (ТУНН)

В данной статье излагаются краткие теоретические сведения об агломерации частиц, приводится обобщенное описание экспериментальных исследований. Опытный материал представляет собой порошок коричневого цвета с размерами частиц в диапазоне от 140 до 290 мкм

Большинство продукции в наше время изготавливается в виде агломератов и гранул. К преимуществам таких материалов можно отнести: низкое пыление, удобство транспортирования, отсутствие расслоения смесей, высокие удельная поверхность и пористость, определенная скорость витания частиц. Таким способом получают множество современных продуктов питания, лекарственных средств. В промышленности агломерацией получают большинство удобрений и обрабатывают руду, получая окатыши.

Агломерация порошков проходит следующие стадии:

- орошение;
- увлажнение, образование жидкостных мостиков;
- затвердевание, образование твердых мостиков;
- агломерация, «структура ежевики». [1]

Получение агломератов невозможно без осуществления адгезионных процессов.

В данном экспериментальном случае, адгезия – явление, когда два твердых тела, находящиеся в тесном контакте друг с другом, прилипают друг к другу под действием межмолекулярных сил притяжения так прочно, что для их разделения нужно произвести некоторую работу.

Адгезия двух твердых тел в газообразной среде при наличии связующего проявляется следующим образом:

- плавление материала, образование окалины (рис. 1а);
- образование кристаллизационных мостиков между твердыми частицами (рис. 1б);
- адсорбционный слой жидкости на поверхности тел (рис. 1в);
- гибкий жидкостный мостик (капиллярные силы) между телами (рис. 1г).

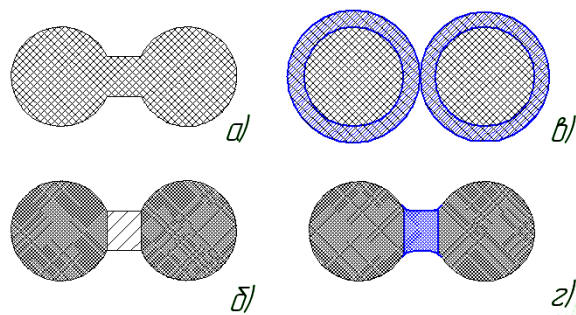


Рисунок 1 – Результат адгезии в газообразной среде [1]

В исследовании была поставлена задача получить прочные агломераты с максимальным выходом полезной фракции, установить зависимости прочности агломератов от изменяющихся факторов. Для этого были проведены эксперименты с целью определения оптимальных параметров процесса. На первом этапе был изучен гранулометрический состав исследуемого порошка, его физико-механические свойства (рис. 2). На основе этих данных подбирались экспериментальные параметры установки: расход воздуха, температура кипящего слоя, вязкость раствора полимера, скорость подачи раствора, время гранулирования, количество подаваемого материала – для аппарата фонтанирующего кипящего слоя. Были проведены опыты с различными полимерами для определения наиболее оптимального. Полученные образцы также подвергались закаливанию при 1000 °С. На завершающей стадии исследований были проведены испытания для определения механической прочности агломератов.

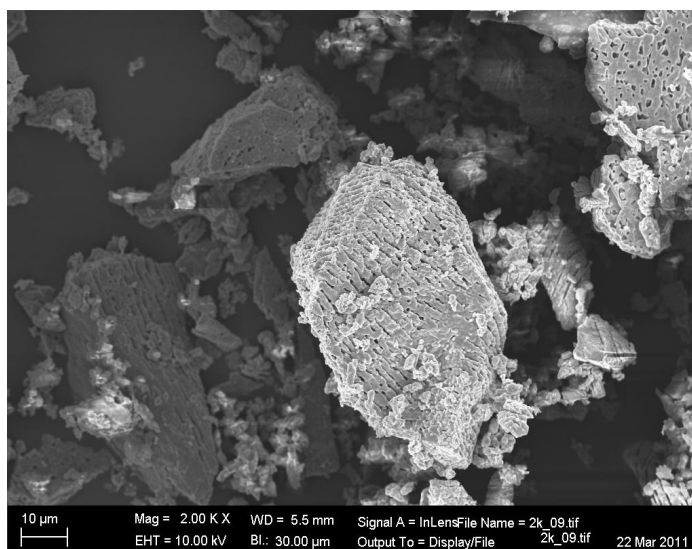


Рисунок 2 – Изображение материала, полученное с помощью электронного микроскопа (увеличение в 2000 раз)

Работа проводилась на лабораторных установках института твердых частиц (Solid Process Engineering) технического университета Гамбург-Харбург (ТУНН).

Агломерация материала осуществлялась на экспериментальной установке, основой которой является аппарат кипящего фонтанирующего слоя (рис. 3). Аппарат состоит из цилиндрической камеры 1, соединенной конической частью с призматической флюидизационной камерой 2, в которую подается воздух через две плоские щели. Скорость движения воздуха зависит от высоты щелей, которая регулируется вентилями. Подача воздуха обеспечивается компрессором 3, с помощью нагревающего устройства 4 воздух может быть нагрет до 100 °С. Раствор из емкости 5 подается с помощью перистальтического насоса 6 и впрыскивается во флюидизационную камеру с помощью одноструйной пневматической форсунки 7. Фильтр 8, расположенный перед компрессором, отфильтровывает мелкие частички, которые уносятся потоком воздуха.

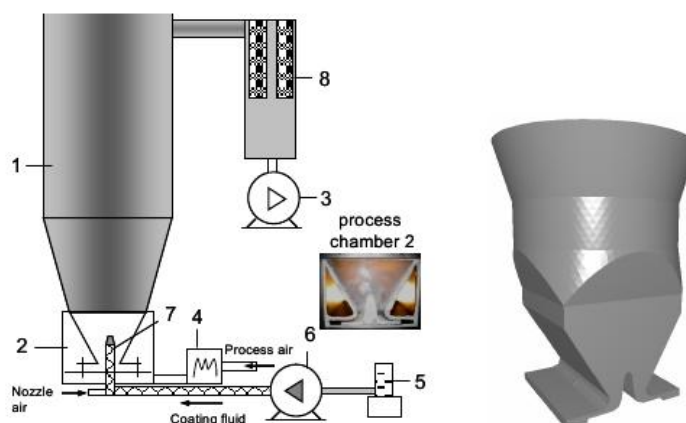


Рисунок 3 - Экспериментальный аппарат кипящего фонтанирующего слоя (слева), его флюидизационная камера (в центре и справа)

Поверхность данного материала гидрофильна, то есть он обладает лежащими отдельно центрами тяжести зарядов и, следовательно, полярностью. Гидрофильность поверхности также имеет значение в том случае, что она может смачиваться полярными жидкостями (например, водой). Пары воды взаимодействуют с поверхностями материала, и образовавшиеся гидроксилы свободно вступают в реакции и адсорбционные процессы. Следовательно, для эффективной агломерации частиц необходим водный раствор полимера.

В качестве полимера для приготовления раствора был выбран полимер, удовлетворяющий некоторым условиям: он обладает хорошими адгезивными свойствами; он не имеет запаха, не токсичен; благодаря полярным ОН – группам он хорошо растворяется в воде и создает тонкую

пленку вокруг гидрофильных частиц; при сушке под воздействием высоких температур, полимер распадается и улетучивается, но соединенные им частицы материала сохраняют увеличенную площадь контакта.

Для проведения экспериментов был приготовлен раствор наночастиц данного материала, состоящий из 400 мл неионизированной воды и 40 г материала.

Размеры материала и наночастиц в растворе приведены на рис.4.

Основные эксперименты представлены в таблице 1.

Раствор полимера состоит из 20 г полимера, 90 мл воды.

Таблица 1 – Состав образцов, полученных на установке кипящего фонтанирующего слоя

Образец	Компоненты	Результаты
F1	Раствор полимера: 50 мл H ₂ O: 200 мл Материал: 200г	Была отделена фракция $0,8 < d < 1,2$. Образец подвергался сушке при 1000 °С в течение 4 часов.
F2	Раствор полимера: 50 мл Раствор наночастиц: 200 мл Материал: 200г	Была отделена фракция $0,8 < d < 1,2$. Образец подвергался сушке при 1000 °С в течение 4 часов.
F3	Раствор полимера: 50 мл Раствор наночастиц: 200 мл Материал: 200г	Была отделена фракция $0,8 < d < 1,2$.
F5	Полимер: 25 г H ₂ O: 275 г Материал: 200г	Была отделена фракция $0,8 < d < 1,2$. В данном образце содержание полимера было увеличено.

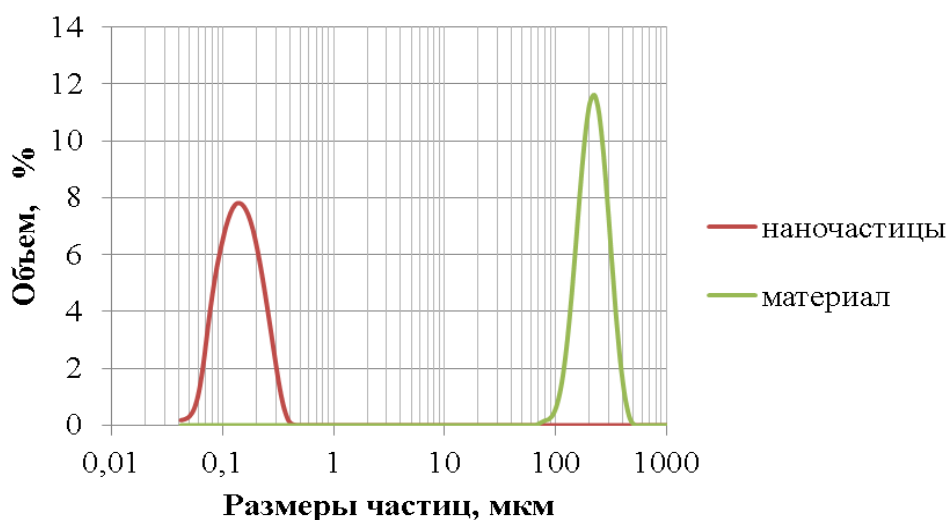
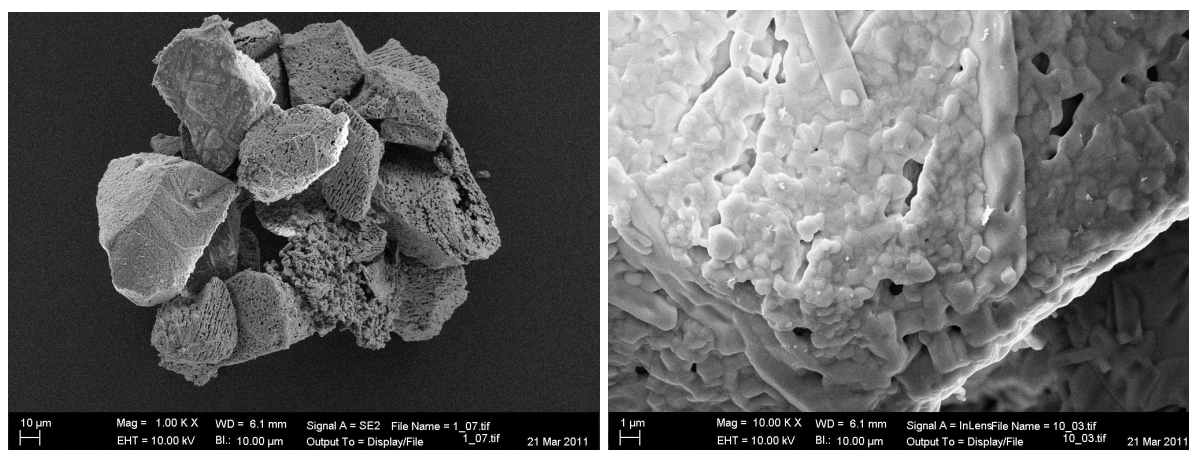


Рисунок 4 - График, показывающий гранулометрический состав материала и наночастиц данного материала

Как видно из данного графика, максимальное количество наночастиц имеют размеры от 130 до 150 нм, а размеры максимального количества частиц материала находится в диапазоне от 180 до 220 мкм.

Фото образцов, полученных при помощи электронного микроскопа, также представлены. Образец F1 после сушки при 1000 °С изображен при увеличении в 1000 раз (рис. 5 а), и при увеличении в 10 000 раз (рис. 5 б). На рисунке 5 а показан целый агломерат, состоящий из некоторого количества частиц материала, а на рисунке 5 б показана одна из граней частицы материала, четко видно его изрытую поверхность.

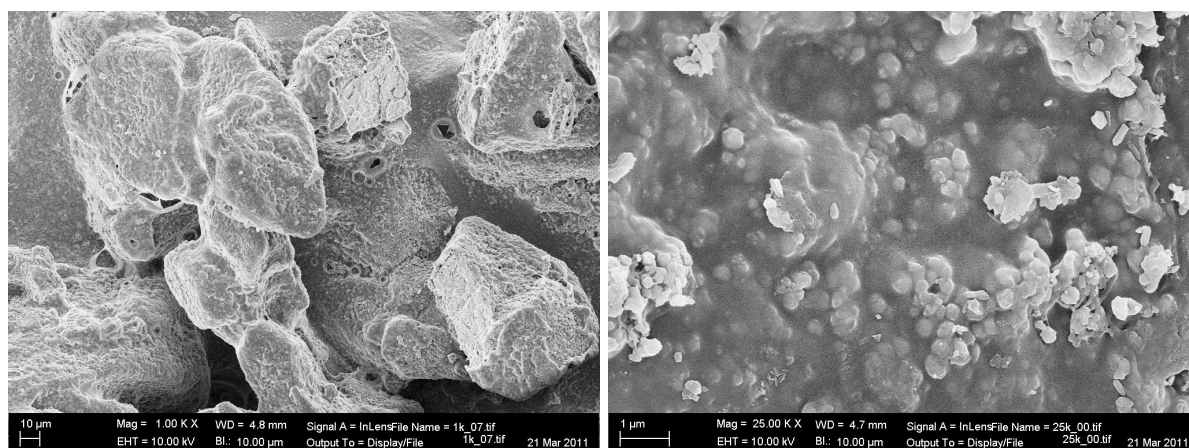


а)

б)

Рисунок 5 – Образец F1

Образец F2 после сушки при комнатной температуре изображен при увеличении в 1000 раз (рис. 6 а), и при увеличении в 25 000 раз (рис. 6 б). Как видно из обеих частей рисунка, поверхность частицы материала покрыта полимером, а на рисунке 6 б также четко видны наночастицы, покрывающие его поверхность.



а)

б)

Рисунок 1.6 – Образец F2

Образец F2 после сушки при 1000 °C изображен при увеличении в 1000 раз (рис. 7 а), и при увеличении в 10 000 раз (рис. 7 б). На рисунке 7 а показана часть агломерата, а на рисунке 7 б показан стык граней частиц материала, покрытый наночастицами. Вследствие воздействия высоких температур на агломераты, полимер отсутствует, поэтому наночастицы видны очень четко, в отличие от рис. 6 б, где видны лишь их проглядывающиеся контуры.

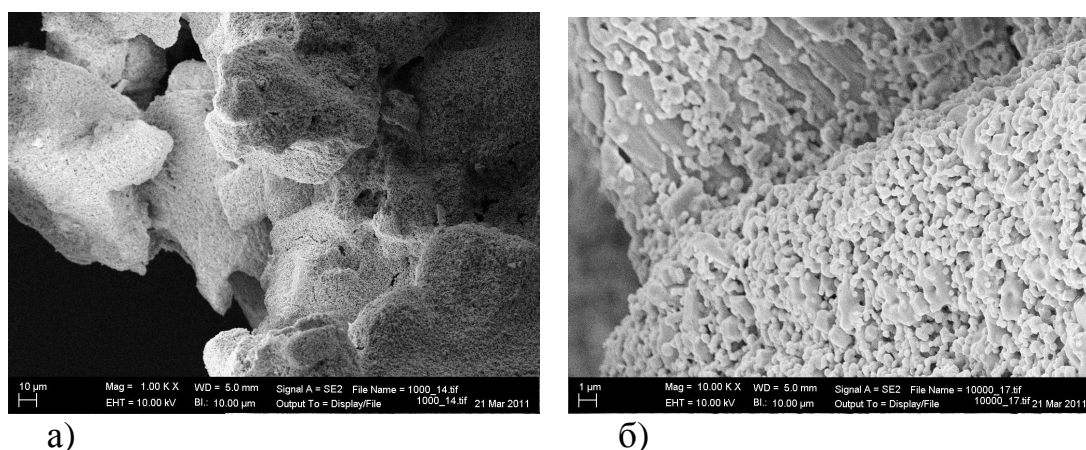


Рисунок 7 – Образец F2

Полученные образцы испытывались на сжатие при помощи структурного анализатора (Texture analyser, produced by Stable Micro Systems). Полученные результаты отображены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты испытания образцов на прочность

	F1	F1 после 1000 °C	F2	F2 после 1000 °C	F3	F5
Сила, N						
Среднее значение	2,442	0,278	1,115	0,359	1,044	2,394
Стандартное отклонение	1,724	0,366	1,153	0,196	0,678	1,206
Энергия разрушения, N mm						
Среднее значение	0,295	0,006	0,068	0,012	0,077	0,206
Стандартное отклонение	0,266	0,005	0,105	0,011	0,072	0,138

На основании данной таблицы построен график средних величин разрушающей силы для всех образцов (рис. 8). Из данных графика можно

сделать вывод о том, что наиболее прочными оказались образцы F1 и F5. Эти данные опровергли ожидаемые результаты, ведь предполагалось, что наличие наночастиц в агломератах повысит прочность последних. Следовательно, в некоторых случаях при агломерировании материалов добавление наночастиц является не только не эффективным, но отрицательно воздействующим фактором. Несмотря на значительное увеличение количества полимера в образце F5 по сравнению с образцом F1, это не повлияло на прочность агломератов, в образце F1 была достигнута максимальная эффективная концентрация полимера в растворе – 3,9 %. После сушки образцов при 1000 °С прочностные различия между ними не обнаруживаются.

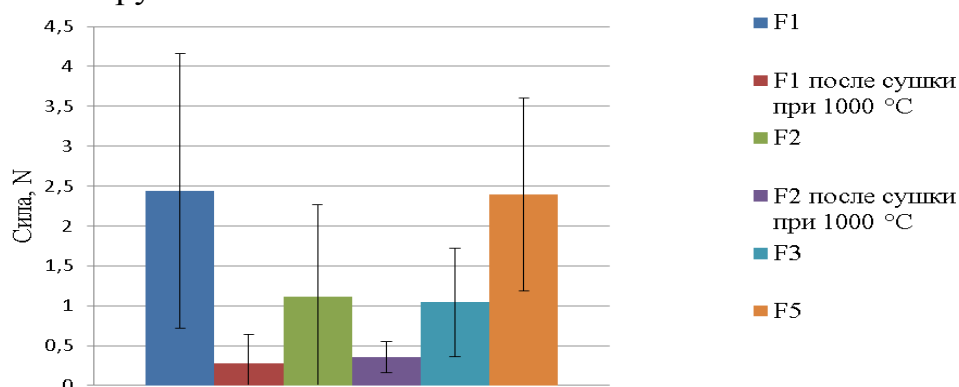


Рисунок 8 – Средняя величина разрушающей силы для полученных образцов

Список литературы:

1. S. Heinrich, Lecture Particle Technology.
2. U. Diebold, Surface Science Reports 48 (2003) 59-62, 66,67.

УДК 628.4.043-036.5

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ПЕРВИЧНОГО ГАЗОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА

Топоров А.А., Алексеенко Е.А., Костерова В.Ю.
Донецкий национальный технический университет

Для охлаждения прямого коксового газа после газосборников и для облегчения последующих технологических процессов применяют первичные газовые холодильники (ПГХ). Они бывают различных конструкций: непосредственного действия, трубчатые с вертикальным и горизонтальным расположением труб [1].

В ПГХ непосредственного действия [2] при небольшой массе, простоте конструкции и легкости обслуживания осуществляется хорошее охлаждение газа. Но из-за смешения теплоносителей охлаждающая вода не может быть направлена на градирню для охлаждения, т.к. она насыщается аммиаком, растворяет сероводород, цианистый водород и загрязняется смолой и нафталином. При охлаждении такой воды на градирне в атмосферу выделяются растворенные в ней газообразные примеси, что не допустимо. Таким образом, преимущества, достигнутые при применении холодильника непосредственного действия, теряются из-за необходимости установки громоздкого оборудования для осветления и охлаждения воды.

При работе ПГХ с вертикальным расположением труб на наружной поверхности труб осаждается нафталин, смола, а на внутренней – соли жесткости (накипь). Эти отложения ухудшают охлаждение газа, увеличивают гидравлическое сопротивление и должны своевременно удаляться. Для очистки наружной поверхности труб межтрубное пространство периодически пропаривают. Накипь на внутренней поверхности труб удаляется чисткой механическими шарошками или промывкой слабым раствором соляной кислоты. Эти холодильники занимают большую площадь, так как увеличение высоты ограничивается длиной труб, допускающей их чистку, и трудоемки в промывке межтрубного пространства во время работы холодильника, в связи с чем требуется их частая пропарка. Также у данных холодильников большое гидравлическое сопротивление.

Недостатками ПГХ с горизонтальным расположением труб являются: необходимость подготовки технической воды для удаления механических примесей и солей временной жесткости в связи с уменьшением диаметра труб; сложность обнаружения коррозии на трубах и замены их при ремонте. Тем не менее, по сравнению с ПГХ с вертикальным расположением труб, эти холодильники занимают небольшие производственные площади; у них малое гидравлическое сопротивление; меньше отложений нафталина на наружной поверхности труб; удобна промывка горячей надсмольной водой и смолой, что обеспечивает более высокий коэффициент теплопередачи и увеличивает время между пропарками. Также в этих холодильниках есть возможность утилизации тепла коксового газа, например, как на Авдеевском КХЗ, путем нагревания поглотительного раствора цеха сероочистки, подаваемого в трубы двух верхних секций холодильника.

Объектом исследования в данной работе являлся первичный газовый холодильник с горизонтальным расположением труб, представленный на ОАО «Авдеевском КХЗ», т.к. из перечисленных конструкций он имеет больше преимуществ. Он представляет собой аппарат с габаритами 24,7×3,6×3 м, имеет производительность 20000 м³/ч [3].

Корпус 1 холодильника (рис. 1) имеет прямоугольное сечение [2], к двум вертикальным стенкам которого развальцовкой закреплены трубы 3. Стенки корпуса укреплены ребрами жесткости 2. Трубы разбиты на отдельные пучки, которые соединяются между собой съёмными крышками 4. В нижней части холодильника располагается плоское днище 5, наклоненное под углом $3 - 4^\circ$ для облегчения удаления конденсата. Корпус установлен на железобетонный фундамент опорой 6. Для удобства транспортирования, холодильник по высоте разбит на четыре секции, которые при монтаже свариваются между собой. Пучки труб секций соединены переходными коленами 7.

Коксовый газ входит в штуцер Г холодильника с температурой 82°C под давлением 0,095 МПа, движется сверху вниз в межтрубном пространстве и выходит через штуцер Л с температурой 35°C . Вода насосом подается снизу в штуцер В, проходит последовательно все пучки труб, выходит в штуцер З и самотеком направляется на градирню. Так как трубы наклонены под углом 1° к горизонту, конденсат, образующийся при охлаждении коксового газа, стекает вдоль каждой трубы, а в целом сверху вниз, и смывает отложения нафталина. Из холодильника конденсат выводится через штуцер А. Дополнительно для промывки труб предусмотрена подача в штуцер Е надсмольной горячей воды, разбрызгиваемой форсункой 8, и в штуцер И горячей смолы, которая является хорошим растворителем для нафталина. При пропарке пар подается в штуцер Б. Для обслуживания и ремонта холодильника предназначены люки Ж, К и Л. При пропарке и продувке холодильника газом используется воздушник Д.

На ОАО «Авдеевском КХЗ» модернизировали эту конструкцию, убрав переходное колено между второй и третьей секциями холодильника (рис. 1, I) и установили там штуцера Н и О. В результате чего вода входит через штуцер В и выходит через штуцер Н. А содовый раствор цеха сероочистки подается в штуцер О и выходит через штуцер З.

Прямой коксовый, охлаждающийся в ПГХ, является горючим газом [4], в смеси с воздухом взрывоопасен (КПВ от 6 до 30%), пожароопасен (температура воспламенения составляет $600 - 650^\circ\text{C}$), токсичен. ПДК его отдельных компонентов не должна превышать (в $\text{мг}/\text{м}^3$):

300 CH_4 , 50 C_mH_n , 5 C_6H_6 , 20 CO , 10 H_2S , 0,3 HCN , 0,3 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, 5 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$.

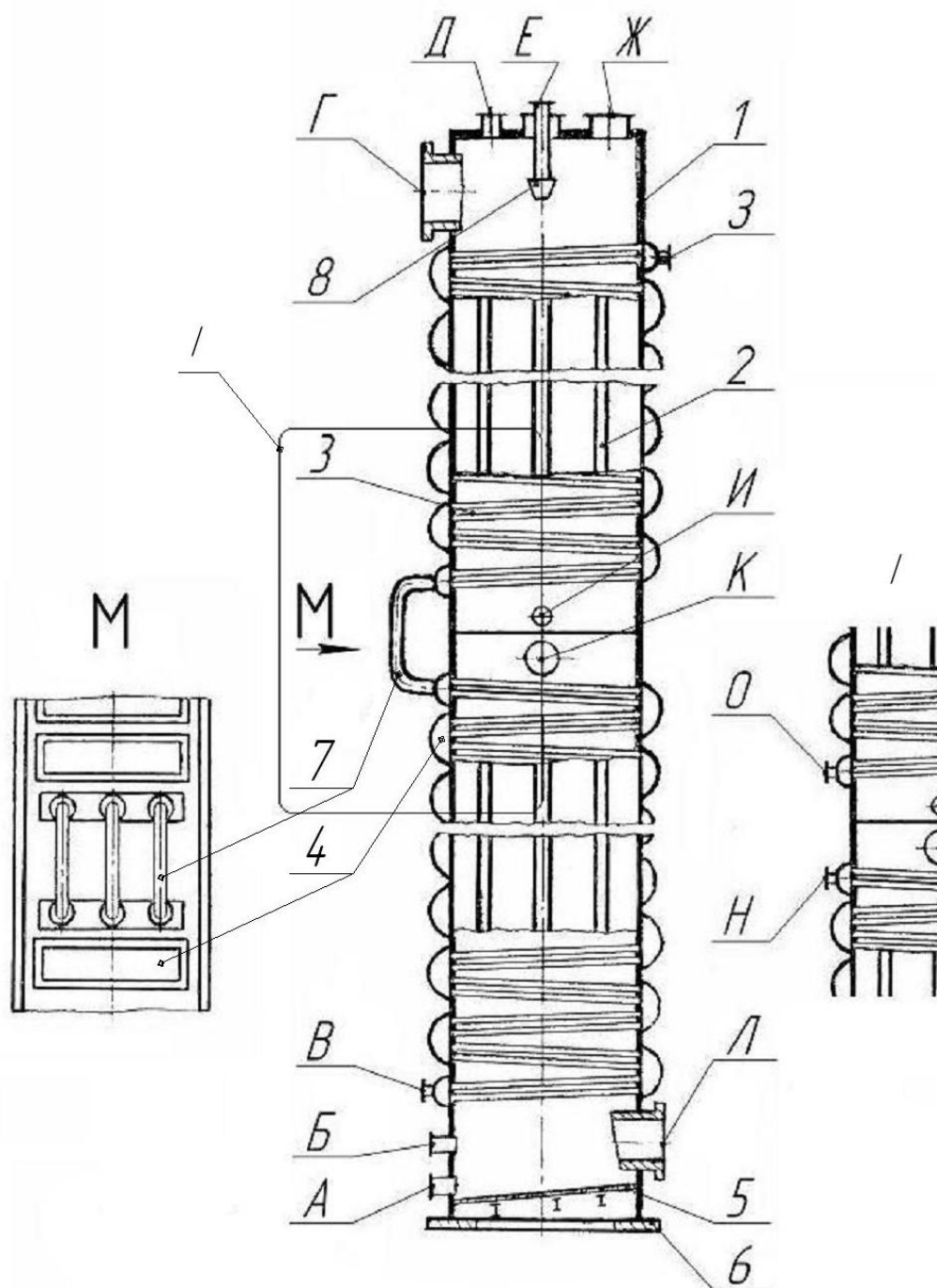


Рисунок 1 – Схема первичного газового холодильника

В ПГХ протекает целый ряд технологических процессов [2]. В первую очередь, это теплообменные, а именно теплопередача от коксового газа к воде через разделяющую стенку, которая сопровождается рядом других процессов: конденсацией водяных паров из коксового газа, конденсацией и выделением остатков паров смолы, массопередачей. Теплопередача осуществляется в трубках, при этом понижается температура коксового газа, вследствие чего из него выделяется жидкая фаза – смола, которая,

поглотив нафталин, образует сложное коррозионно-активное вещество. При конденсации воды на поверхности труб происходит абсорбция аммиака, углекислоты, сероводорода, синильной кислоты и других компонентов, находящихся в коксовом газе, образуется соединение различных кислот, которое также способствует разрушению элементов ПГХ.

Наряду с технологическими неизбежно протекают деградиционные процессы. Такие как коррозия корпуса, наружной и внутренней поверхности труб, образование накипи, старение материала.

Наиболее подвержен коррозии корпус аппарата. С внешней стороны – химической (ржавление металлоконструкций под действием агрессивной среды) и электрохимической (под действием дождевой воды и конденсата с растворенными в них ионами солей и кислот) коррозии, с внутренней – разрушению под действием агрессивных веществ, находящихся в коксовом газе. При охлаждении газа выделяется смола, которая поглощает нафталин и образует концентрированную щелочь, эта щелочь взаимодействует с элементами конструкции ПГХ и приводит к их интенсивной коррозии. Присутствие цианистого водорода также ускоряет процесс деградации корпуса и труб (рис. 2, а). HCN частично растворяется в надсмольной воде с образованием токсичных аммонийных солей цианистой и роданистоводородной кислот.

Также трубы подвергаются коррозии с внутренней стороны под действием примесей, которые находятся в технической воде и содовом растворе. Все это приводит к разрушению металла корпуса, свищам в трубах (рис. 2, б). Через образующиеся свищи поглотительный раствор поступит в газовый конденсат, что отрицательно повлияет на работу механизированных осветлителей, биохимическую очистку сточных вод, затруднит переработку смолы. Интенсивная коррозия труб способствует накоплению в содовом растворе балластных солей и снижению его поглотительной способности.

Еще одним видом деградации элементов ПГХ является образование твердых отложений на внутренних стенках труб или накипи (рис. 2, в). Образование слоя накипи уменьшает проходное сечение труб, при этом увеличивается их шероховатость и изменяется гидравлический режим течения жидкости. Теплопроводность накипи в десятки, а зачастую в сотни, раз меньше теплопроводности стали, из которой изготавливают теплообменники. Это приводит к ухудшению условий теплопередачи – нарушению основного технологического процесса. Также явление накипи приводит к повышению турбулентности и значительным затратам на очистку труб.

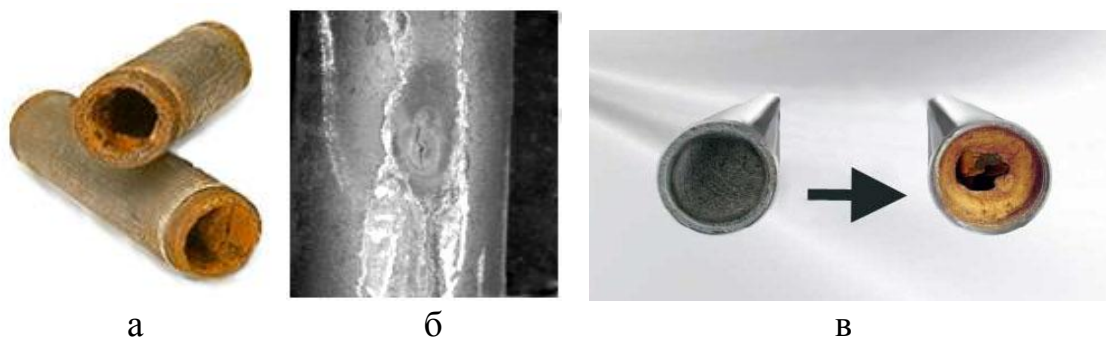


Рисунок 2 – Виды деградации труб в первичном газовом холодильнике: а – химическая коррозия; б – свищ; в – накипь

Под воздействием высоких температуры, давления, агрессивных сред, а также с учетом длительной эксплуатации оборудования в металле активно протекают процессы старения (деградация структуры и изменение механических свойств), которые отрицательно влияют на прочность элементов оборудования и могут стать причиной его аварийного разрушения.

В первичном газовом холодильнике основной процесс – охлаждение коксового газа до заданной температуры, здесь наблюдается процесс теплопроводности.

Уравнение теплопроводности для установившегося теплового потока через цилиндрическую однослойную стенку выглядит так:

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_r - t_x) \cdot F_{cp} = \frac{2\pi\lambda \cdot (t_r - t_x) \cdot L}{\ln \frac{d_2}{d_1}},$$

где Q - тепловой поток (расход теплоты), Вт; λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); δ - толщина стенки, м; t_r - температура горячей поверхности стенки, К или °С; t_x - температура холодной поверхности стенки, К или °С; F_{cp} - средняя площадь поверхности стенки, м²; L - длина цилиндра, м; d_1 - внутренний диаметр, м; d_2 - наружный диаметр, м.

Но в условиях эксплуатации (при отложениях накипи и росте коррозии на поверхностях труб) уравнение теплопередачи приобретает другой вид - уравнения теплопроводности для установившегося теплового потока через многослойную цилиндрическую стенку - вследствие деградационных процессов:

$$Q = \frac{2\pi L \cdot (t_r - t_x)}{\sum \frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_n}{d_b}} = \frac{2\pi L \cdot (t_r - t_x)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3}}$$

где d_b – внутренний диаметр каждого цилиндрического слоя; d_n – наружный диаметр каждого цилиндрического слоя (в дальнейшей разработке предусматривается 3х-слойная цилиндрическая стенка) [1].

Деграция первичного газового холодильника заключается в совокупном действии 2 факторов: коррозии и накипи труб, что приводит к изменению теплопроводности и нагрузок на трубы первичного газового холодильника.

Образующийся слой веществ называется накипью, когда его толщина достигает размеров, вызывающих опасный перегрев металлических стенок или когда присутствие этих веществ снижает экономичность работы агрегата. Этот слой образуется из растворенных или взвешенных в надсмольной воде соединений. Накипь образуется в результате взаимодействия воды или присутствующих в ней реагентов с теплопередающей поверхностью металла, а также в результате выделения различных растворенных в воде веществ при нагревании. Такими являются щелочноземельные металлы, т.е. состоящие из соединений Ca и Mg. При этом в зависимости от анионной составляющей кальциевой накипи подразделяются на сульфатные (CaSO_4), силикатные (CaSiO_3), карбонатные (CaCO_3) и фосфатные [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$]; магниевые накипи подразделяются на гидроксильные [Mg ; $\text{Mg}(\text{OH})_2$] и фосфатные.

Для охлаждения коксового газа в первичном газовом холодильнике используют надсмольную воду со следующими характеристиками: pH 6,5-8,7; общая жесткость: 6,4-9,0 мг/кг; кальциевая жесткость: 3,6-6,2 мг/кг; магниевая жесткость: 2,4-4,0 мг/кг; щелочность: 4,2-6,0 мг/кг; содержание Cl: 64-92 мг/кг; содержание SO_4^{2-} : 164-394 мг/кг. В подавляющем большинстве воды содержание кальция обычно превышает содержание магния. Для магния основой накипеобразования является гидроокись магния, обладающая малой растворимостью, в то время как гидроокись кальция имеет большую растворимость и накипеобразователем не является.

Скорость образования кальциевой и магниевой накипей значительна и зависит от концентрации накипеобразователя и величины местной тепловой нагрузки поверхности нагрева. Для охлаждающей воды в первичном газовом холодильнике существуют следующие требования:

1. Охлаждающая вода не должна выделять механических, карбонатных и других солевых отложений. Ориентировочно допускается скорость отложений не более $0,25 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$;

2. Вода не должна вызывать точечной и язвенной коррозии, а также равномерной коррозии металла со скоростью, превышающей $0,09 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$ [2].

Анализ имеющихся данных показывает, что коррозионная и накипная активность оборотных вод Авдеевского коксохимического заводов намного выше требуемого уровня. Скорость отложений накипи $0,67 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$; коррозионная активность $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$.

Также было предположено, что вместо однослойной металлической стенки трубы образуется 3х-слойная стенка, состоящая из:

1. Слой накипи
2. Слой металла
3. Слой коррозии снаружи трубы.

Для рассмотрения изменения процесса теплопроводности за срок эксплуатации первичного газового холодильника было предложено рассчитать изменение толщин стенок с учетом накипной и коррозионной активности за месяц. Тогда толщина слоя накипи будет равна:

$$\delta = \frac{t \cdot v_{\text{отл}}}{\rho_{\text{сол}}} = \frac{744 \cdot 0,67 \cdot 10^{-3}}{2200} = 227 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

где t – задаваемое время проведения наблюдения за отложениями, ч за месяц; δ – толщина слоя отложений, м; $v_{\text{отл}}$ – скорость отложения соли, $\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}$; $\rho_{\text{вод}}$ – плотность солей жесткости, кг/м^3 .

Аналогично рассмотрим рост коррозионного слоя:

$$\delta = \frac{t \cdot v_{\text{кор}}}{\rho} = \frac{744 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}}{7800} = 47,7 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

где $v_{\text{кор}}$ – скорость коррозии, $\text{кг/м}^2 \cdot \text{ч}$; ρ – плотность стали, кг/м^3 .

Также при расчете введены такие данные: $\lambda = 47 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ – коэффициент теплопроводности для стали, $\lambda = 6,9 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ – коэффициент теплопроводности для соли. Так как изменение коэффициента теплопроводности составляет в среднем 0,3 % за каждый год эксплуатации из-за старения материала, то этот фактор учитывается для внесения поправки при расчете коэффициента теплопроводности для прокорродированного слоя металла.

На основе этих данных в программе LabVIEW было смоделирован процесс работы верхней секции первичного газового холодильника (так как активность накипи и коррозии в ней наиболее высока) на протяжении 180 месяцев (15 лет) с помощью циклов For Loop и Formula Node с условием, что через 1-2 месяца производится очистка труб от накипи, но 10% от предыдущей очистки не поддаются удалению.

Исходные данные

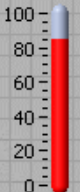

Температура газа	Температура воды		
 <input style="width: 50px;" type="text" value="85"/>	 <input style="width: 50px;" type="text" value="45"/>		
Длина трубы, м	Толщина трубы, мм	Внутренний диаметр трубы, мм	Внешний диаметр трубы, мм
<input style="width: 50px;" type="text" value="3"/>	<input style="width: 50px;" type="text" value="3,5"/>	<input style="width: 50px;" type="text" value="50"/>	<input style="width: 50px;" type="text" value="57"/>
Коэффициент теплопроводности стали, Вт/м·К	Коэффициент теплопроводности соли, Вт/м·К	Коррозионная активность, кг/м ² ·ч	
<input style="width: 50px;" type="text" value="47"/>	<input style="width: 50px;" type="text" value="6,9"/>	<input style="width: 50px;" type="text" value="0,5"/>	
Плотность стали, кг/м ³	Плотность соли, кг/м ³	Накипная активность, кг/м ² ·ч	
<input style="width: 50px;" type="text" value="7800"/>	<input style="width: 50px;" type="text" value="2200"/>	<input style="width: 50px;" type="text" value="0,67"/>	

Рисунок 1 – Исходные данные

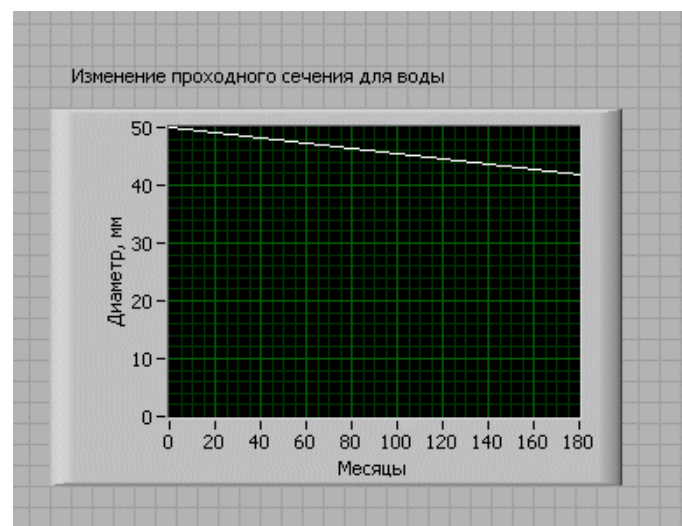


Рисунок 2 – График изменение проходного сечения для воды в трубах первичного газового холодильника

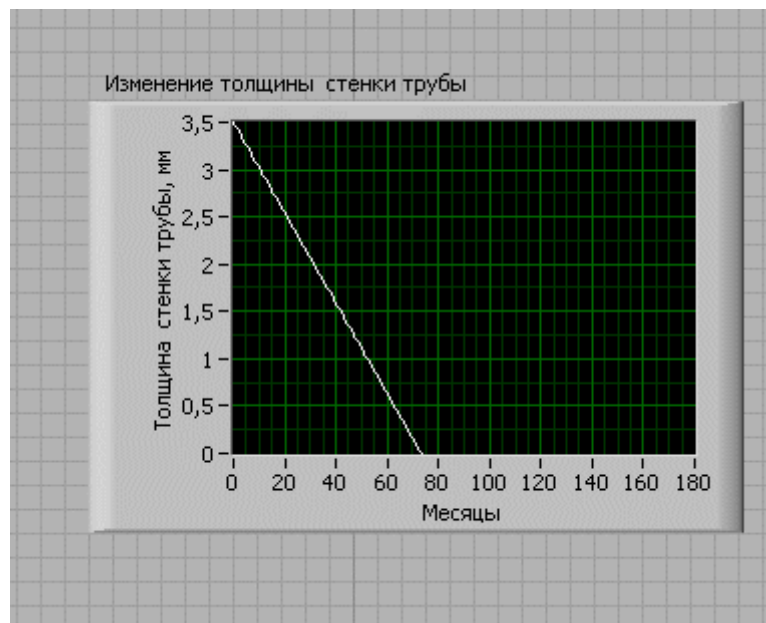


Рисунок 3 – График изменения толщины стенки труб

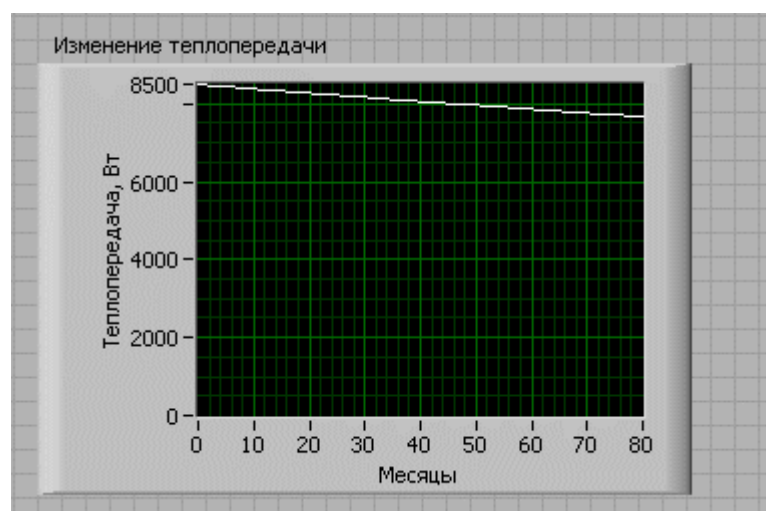


Рисунок 4 - График изменения теплопередачи в трубах с учетом коррозионной и накипной активности сред

Полученные результаты показывают, что за срок эксплуатации первичного газового холодильника коэффициент теплопроводности для прокорродированного слоя стали уменьшился на 4%, проходное сечение труб для воды уменьшится почти на 10%, теплопроводность снизится почти на 12%, а анализ действия коррозии показывает, что агрессивное воздействие коксового газа полностью уничтожит толщину металла трубы за треть срока службы.

В дальнейших разработках планируется рассмотреть все 4 секции холодильника и их совместное влияние на процесс охлаждения газа,

применение в расчетной модели различных изменений состава охлаждающей воды, рассмотрение трубчатки первичного газового холодильника с учетом деградационных характеристик в напряженно-деформируемом состоянии.

Список литературы:

1. Коробчанский И.Е., Кузнецов М.Д. Расчет аппаратуры для улавливания химических продуктов коксования. – М.: Металлургия, 1972. – 296с.
2. Нестеренко С.В., Стасенко С.П. Комплексонатная обработка оборотной воды для предотвращения процессов коррозии и накипеобразования - Харьков, 2003 – 376с.
3. Оборудование коксохимических заводов: Учеб. пособие для техникумов / Ткачев В.С., Остапенко М. А. М.: Металлургия, 1983, 360 с.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии – Л, Химия, 1987. – 576с.
5. Производственная инструкция машиниста газодувных машин цеха улавливания №2 ОАО «Авдеевский КХЗ», 2007 г. – 19 с.
6. <http://webcache.googleusercontent.com/>

ЗАЩИТА ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СИЛИКАТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Веретельник С.П., Коробко Ю.В.

Донецкий национальный технический университет

Одной из проблем современных мегаполисов являются выбросы предприятиями полидисперсной пыли, вредных газов и других загрязнителей атмосферы. Это связано с тем, что на территории этих предприятий происходят сложные технологические процессы, связанные с изменением агрегатного состояния и физико-механических свойств сырья, а также с использованием технологического оборудования и вспомогательных механизмов различной степени сложности.

Пыль производственной техносферы – причина разнообразных заболеваний персонала, износа технологического оборудования и вспомогательных механизмов, снижения качества продукции и рентабельности производства.

Повышенное выделение пыли наблюдается при производстве цемента, бетонных смесей, извести, доломита и инертных материалов, которое сопровождается особо обильным пылевыведением, превышающим ПДК в несколько десятков и даже сотен раз.

В технологическом процессе производства силикатного кирпича повышенное выделение пыли наблюдается на рабочих местах, в

помещениях подготовки смеси (от 2 до 20), в формовочном цехе (от 2 до 5 ПДК).

При производстве керамики и глиняного кирпича наибольшее пылевыведение, значительно превышающее ПДК, происходит на складах глины (превышение ПДК в 1,5-2,5), на складах песка (в 5-7), в смесеприготовительном цехе (в 12-15), а в отделении помола шамота запыленность достигает 30-32 ПДК. На участке погрузки и разгрузки запыленность превышает допустимые концентрации в 2-3 раза.

В атмосферный воздух выбрасывается более 4 млн.т. вредных веществ, в том числе около 2,4 млн. т. (58% от общего количества) твердой неорганической пыли. Сверхнормативный ее выброс составляет 1,41 млн.т., а превышение норматива по газообразным вредным веществам – 722 тыс.т. [1].

Пылегазовые выбросы производства строительных материалов содержат 85 вредных пылевых компонентов, причем многие из них не имеют запаха и цвета. Эти пылевые выбросы, весьма токсичные сами по себе, под действием солнечных лучей и при участии озона могут образовывать новые, еще более опасные соединения. При этом атмосферная турбулентность и ветер не успевают удалять из воздушного бассейна предприятий растущие в связи с интенсификацией производства пылевые выбросы.

Наибольшую опасность для человека представляют частицы пыли размером до 5 мкм. Они легко проникают в легкие и там оседают, вызывая разрастание соединительной ткани, которая не способна передавать кислород из вдыхаемого воздуха гемоглобину крови и выделять углекислый газ. Развивающиеся при этом профессиональные заболевания называют пневмо-кониозами. Форма пневмокониозов зависит от вида вдыхаемой пыли: силикоз – при вдыхании кварцсодержащей пыли, силикатоз – силикатной пыли, антракоз – угольной пыли и др.

Наибольшим фиброгенным действием обладают пылеватые частицы, содержащие свободную двуокись кремния (SiO_2). Весьма опасна для здоровья работающих пыль кварца, кристобалита и тридимита, образующаяся при производстве стекла и динасовых изделий, содержащая свыше 90% свободной двуокиси кремния [2].

Промышленные пыли шамотного производства (при содержании свободной и общей двуокиси кремния соответственно 10-30 и 50-60%) отличаются повышенной способностью вызывать заболевание пневмокониозом. Пыль от шамота более опасна, чем пыль от глины. При превращении глины в шамот при обжиге несколько повышается содержание свободной двуокиси кремния в результате разложения каолинита на мулит и кристобалит.

Загрязненный воздух промышленных центров – одна из главных причин широкого распространения заболеваний дыхательных путей, особенно у детей. Установлено, что заболеваемость раком легких у людей, работающих и живущих в городах, значительно выше, чем у сельских жителей.

Дальнейшее сокращение вредных выбросов предприятиями строительной индустрии может быть достигнуто в результате создания и внедрения технологических процессов и оборудования, отвечающих требованиям научно-технического прогресса, а также вводом в действие новых эффективных газоочистных установок и аппаратов, технического усовершенствования действующих пылеулавливающих систем, внедрения в промышленность современных эффективных методов очистки.

В Донецком национальном техническом университете постоянно идёт работа над усовершенствованием технологических процессов, снижающих до минимума выделение вредных веществ, над созданием безотходных производств, работающих в замкнутом цикле, а также над созданием новых и модернизацией действующих видов технологического оборудования в соответствии с требованиями системы стандартов безопасности труда. И предстоят исследования в области создания новых эффективных газоочистных аппаратов и систем.

С повышением требований к защите атмосферы от вредных выбросов в последние годы наметилась тенденция к увеличению применения тканевых фильтров, обеспечивающих высокую эффективность улавливания различных пылей. Это стало возможным благодаря созданию специальных синтетических тканей, способных выдерживать высокую температуру фильтруемого газа. Экономичными и перспективными могут считаться рукавные фильтры с импульсной продувкой, обеспечивающие повышенные скорости фильтрации. Для этих фильтров характерны высокая эффективность (около 99,9%), использование регулируемого устройства для регенерации, более длительные сроки службы рукавов, относительно простое техническое обслуживание, возможность работы при высокой запыленности газов на входе (без предварительной грубой очистки от пыли). В частности, такие фильтры, созданные НИИОГАЗом (например, фильтры ФРКДН), успешно прошли промышленные испытания на ряде предприятий.

Из мокрых пылеуловителей перспективными являются аппараты, требующие незначительного расхода воды и работающие по замкнутому циклу. В них отработавшая вода после осветления подается снова в пылеуловитель, а сгущенный шлам используется в технологическом процессе. К таким аппаратам может быть отнесен получивший широкое распространение пылеуловитель вентиляционный мокрый (ПВМ)

струйного типа, допускающий повышенное содержание взвешенных пылевых частиц в повторно используемой воде.

В ближайшие годы прогнозируется все более широкое внедрение зернистых фильтров для обеспыливания удаляемого воздуха при производстве цемента, гипса, извести и других материалов. Они просты конструктивно, компактны и надежны в эксплуатации. В качестве фильтрующего слоя в них применяются гравий и шлак, а также могут использоваться отходы производства (бой кирпича, стекла, керамики и т. п.). Особенно успешно зернистые фильтры могут применяться при очистке газов с высокой температурой, наличии агрессивных компонентов, высокой абразивности пыли. Зернистые фильтры являются наиболее универсальными из всех известных пылеуловителей. Одним из факторов, сдерживающих широкое применение зернистых фильтров в настоящее время, является неудовлетворительная работа узлов регенерации.

Перспективным новым методом очистки промышленных выбросов может явиться магнитный способ газоочистки. Исследования показали, что этот метод может быть применен для улавливания не только промышленных пылей, обладающих явно выраженными магнитными свойствами, но и немагнитных пылей, к которым относится пыль предприятий строительной индустрии. Также интерес представляет способ пылеулавливания с магнитным носителем (например, железным порошком), при котором улавливание пыли происходит в обычных инерционных аппаратах при введении в газопылевой поток магнитного носителя [2].

Не менее важным направлением защиты атмосферы от загрязнения выбросами предприятий строительной индустрии наряду с созданием и внедрением прогрессивных аппаратов и систем очистки является повышение эффективности работы существующих пылеулавливающих установок на действующих предприятиях отрасли. Это может быть достигнуто путем создания на предприятиях специальных цехов (служб) по эксплуатации пылеулавливающих систем с обеспечением их квалифицированного технического обслуживания. Этой службой должен быть налажен контроль за работой всех пылеулавливающих аппаратов современными контрольно-измерительными приборами, с выносом показаний на централизованный пульт. В ряде случаев только повышение технического уровня эксплуатации установок очистки может значительно уменьшить пылевые выбросы в атмосферу.

Список литературы:

1. Красовицкий Ю.В., Батищев В.В., Иванова В.Г., Новый подход к проблеме энергосберегающего сухого пылеулавливания при производстве строительных материалов. // Строительные материалы. № 4, 2004. ж. с. 2
2. Азаров В.Н., Системы аспирации дымовых и леточных газов производства карбида кальция. // Стройматериалы. № 11, 2002, с. 20-21

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ

Полянский Д.В., Парфенюк А.С.

Донецкий национальный технический университет

Наиболее рациональным направлением утилизации промышленных отходов является их использование как техногенного сырья при получении различного вида продукции и прежде всего строительного назначения.

Так как строительство потребляет около трети всей массы продукции материального производства, материальные ресурсы составляют более половины всех затрат на производство строительно-монтажных работ.

Металлургия – отрасль тяжелой индустрии, производящая конструкционные материалы. Она включает в себя добычу, обогащение металлов, передел цветных, производство сплавов, проката, переработку вторичного сырья [1].

Производство черных и цветных металлов сопровождается получением большого количества отходов, значительная часть которых до сих пор не используется, складывается в отвалах, хранилищах, отстойниках. К числу таких отходов относятся металлургические шлаки, шламы, пыли, замасленная окалина.

Наличие этих отходов на поверхности земли опасно для природы и населения региона. Однако металлургические отходы содержат большое количество ценных компонентов, извлечение и вторичное использование которых экономически выгодно позволит увеличить сырьевую базу металлургии и уменьшить добычу первичных полезных ископаемых.

Утилизация твердых отходов в большинстве случаев требует разделения на компоненты (в процессах очистки, обогащения, извлечения ценных составляющих) с последующей переработкой сепарированных материалов различными методами, либо придания им определенного вида, обеспечивающего саму возможность утилизации.

Использование промышленных отходов обеспечивает производство богатым источником дешевого и часто уже подготовленного сырья; приводит к экономии капитальных вложений, предназначенных для строительства предприятий, добывающих и перерабатывающих сырье, и повышению уровня их рентабельности; высвобождению значительных площадей земельных угодий и снижению степени загрязнения окружающей среды. Повышение уровня использования промышленных отходов является важнейшей задачей государственного значения.

Одно из наиболее перспективных направлений утилизации промышленных отходов — их использование в производстве строительных материалов, что позволяет до 40% удовлетворить потребности в сырье, этой важнейшей отрасли промышленности. Применение отходов промышленности позволяет на 10—30% снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, экономия капитальных вложений при этом составляет 35—50%.

На основе применения отходов промышленности возможно развитие производства не только традиционных, но и новых эффективных строительных материалов. Новые материалы обладают комплексом улучшенных технических свойств и в то же время характеризуются наименьшей ресурсоемкостью как в процессе производства, так и при применении.

На основе отходов, получаемых в процессе очистки каменноугольных смол (фусов), возможно приготовление материалов для защитных покрытий бетонных, железобетонных и металлических изделий. Такие составы получают при растворении фусов в уайт-спирите и других растворителях с добавлением поливинилхлоридной смолы и последующем отстаивании в течение получаса.

Разработанные покрытия обладают хорошей адгезией к бетону и металлу, устойчивой гидрофобностью, высокой прочностью и водостойкостью. Стоимость покрытий, по сравнению с существующими (например, на основе каменноугольного пека), меньше на 10-20%, а время полного высыхания сокращается в 2 раза. Сплошность защитного покрытия на основе фусов достигается при 3-слойном нанесении состава, а покрытий на основе пека - при 6-слойном.

Кубовые остатки ректификации сырого бензола можно использовать в качестве компонента органического связующего на основе фурфуролацетонового мономера (мономер ФА), что увеличивает относительное удлинение образцов при разрыве при практически неизменной прочности на растяжение. Оптимальное количество добавки кубовых остатков составляет примерно 50% от массы мономера ФА. На основе совмещенного связующего установлены оптимальные составы полимербетона (% по массе): щебень 40-42; песок 30-32; минеральная мука 15,3-16,5; мономер ФА 6-12; кубовые остатки 3-4; отвердитель (бензосульфокислота) 1,5-2,7.

Утилизация цементной пыли. Основным направлением утилизации пыли, образуемой при обжиге цементного клинкера в вращающихся печах, является использование ее в самом процессе производства цемента. Пыль из пылеосадительных камер возвращается во вращающуюся печь вместе со шламом. Основное же количество пыли улавливается в

электрофильтрах. Эта пыль имеет высокую дисперсность и содержит повышенное количество свободного оксида кальция, щелочей и серного ангидрида. Добавка 5—15% пыли к сырьевому шламу вызывает его коагуляцию и уменьшение текучести. При повышенном содержании в ней щелочных оксидов снижается качество клинкера.

Сейчас на цементных заводах с мокрым способом производства применяются различные способы возврата пыли в печь. Для предотвращения зарастания труб, замазывания цепей и образования шламовых колец пыль можно вводить в виде пульпы. Влажность шлама эффективно снижается за счет разжижителей.

В настоящее время разработаны и применяются в строительстве разнообразные виды бетонов с применением как вяжущих, так и заполнителей на основе металлургических шлаков. Стоимость изделий из шлаковых бетонов на 20-30% меньше, чем традиционных.

В зависимости от вида шлаковых заполнителей изготавливают бетоны с различной средней плотностью: особо тяжелые ($\rho_0 > 2500$ кг/м³) на некоторых шлаках сталеплавильного производства и цветной металлургии; тяжелые ($\rho_0 = 1800-2500$ кг/м³) на литом и отвальном шлаковом щебне, песке и гранулированном шлаке; легкие ($\rho_0 < 1800$ кг/м³) на шлаковой пемзе (крупный заполнитель) и гранулированном шлаке (мелкий заполнитель). Параллельно с крупнозернистым используют мелкозернистые шлаковые бетоны, где заполнителем является гранулированный шлак[2].

В зависимости от структуры различают обычные плотные, крупнопористые и ячеистые шлаковые бетоны. Последние являются особенно эффективными.

По назначению шлаковые бетоны делятся на: конструкционные или общего назначения; конструкционно-теплоизоляционные, применяемые при возведении ограждающих конструкций; гидротехнические; дорожные; теплоизоляционные; кислото- и жаростойкие.

Твердение шлаковых бетонов возможно при обычных условиях, однако их качество значительно повышается при тепловлажностной обработке (пропаривании и особенно автоклавном твердении).

Тяжелые бетоны. Применяя обычные или шлаковые вяжущие в сочетании со шлаковыми заполнителями, можно получить тяжелые бетоны всех классов по прочности на сжатие. При этом для пропаренных бетонов достигается прочность 10—30 МПа, а для бетонов автоклавного твердения — 30—60 МПа. Замена в тяжелых бетонах крупного заполнителя из плотных горных пород шлаковым щебнем, полученным дроблением плотных металлургических шлаков, практически не снижает, а иногда несколько повышает прочность бетона за счет их более развитой и активной поверхности.

Бетоны на шлаковом щебне имеют более высокую прочность при растяжении и изгибе, чем на гранитном.

Применение шлакового песка-отсева вместо обычного кварцевого повышает водопотребность бетонной смеси, в результате чего происходит определенный перерасход цемента. Поэтому эффективность применения шлакового песка как мелкого заполнителя бетона, возрастает при введении пластифицирующих добавок и в смеси с имеющим меньшую водопотребность заполнителем (кварцевым песком, гранулированным шлаком и др.).

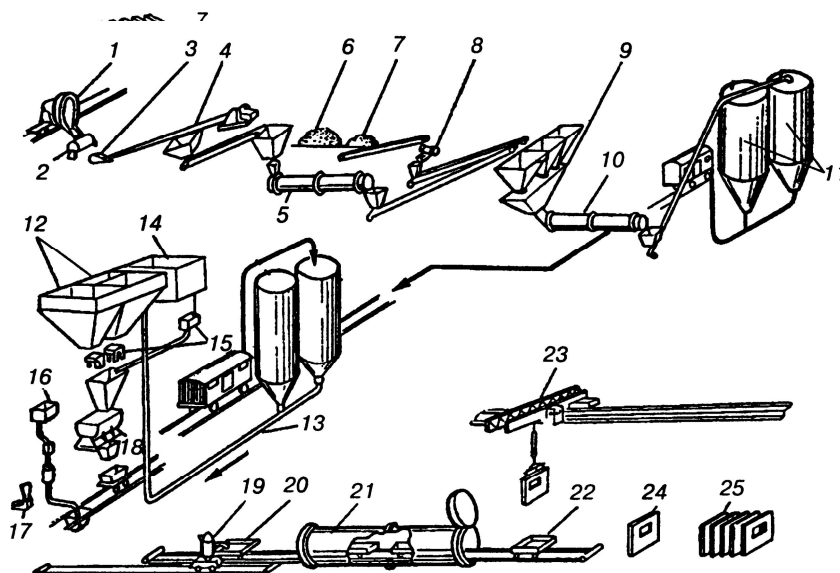
Интенсивность твердения шлаковых вяжущих зависит от температурного фактора. Если для портландцемента повышение температуры твердения более 80 °С при достаточной изотермической выдержке малоэффективно, то шлаковые вяжущие и бетоны на их основе необходимо обрабатывать при температуре около 100 °С и выше. Бетоны на шлаковых вяжущих пропаривают обычно при температуре 90—95 °С, а автоклавную обработку (запаривание) выполняют при давлении 0,8—1,2 МПа и температуре 174—190 °С.

Морозостойкость бетонов на шлаковых вяжущих и крупном плотном заполнителе ниже, чем обычных цементных, и составляет 50—100 циклов, кроме бетонов на шлакощелочных вяжущих, где она значительно выше. Повышение морозостойкости может быть достигнуто как общими для всех бетонов технологическими приемами (например, снижением В/Ц, смягчением режима тепловой обработки, введением воздухововлекающих добавок), так и применением вместо пропаривания автоклавной обработки.

Деформативные свойства шлаковых бетонов и сцепление их с арматурой аналогичны свойствам цементных бетонов на плотных заполнителях, что позволяет изготавливать из пропаренных и автоклавных бетонов на шлаковых вяжущих и заполнителях разнообразные несущие железобетонные конструкции промышленного и гражданского строительства.

Легкие бетоны. Шлаковые цементы и заполнители широко применяют для производства легких бетонов со средней плотностью 1200-1600 кг/м³ и прочностью на сжатие 5-25 МПа. Для легких шлаковых бетонов характерны общие свойства, присущие легким бетонам, такие как достижение максимальной прочности при расходе воды, обеспечивающем минимальный выход бетонной смеси, а также при использовании фракционированных пористых заполнителей; рост прочности с увеличением расхода вяжущего до определенного предела и др. Особенности легких шлаковых бетонов на бесклинкерных шлаковых вяжущих являются большая деформативность и несколько меньшее сцепление с арматурой, чем у бетонов на портландцементе.

Плотный и поризованный шлакобетоны применяют при производстве стеновых панелей (рис. 1), других ограждающих и несущих конструкций[3].



1 — шлаковозный ковш; 2 — грануляционный барабан; 3 — скреперная установка; 4 — бункер с решеткой; 5 — сушильный барабан; 6 — известь; 7 — гипс; 8 — дробилка для извести и гипса; 9 — тарельчатые питатели; 10 — мельница; 11 — силосный склад для известково-шлакового порошка; 12 — расходные бункеры; 13 — пневмотрубопровод; 14 — бак для воды; 15 — дозаторы; 16 — бак для ПАВ; 17 — весы для алюминиевой пудры; 18 — растворосмеситель; 19 — смеситель-раздатчик; 20 — вагонетка с формой; 21 — автоклав; 22 — место распалубки изделий; 23 — мостовой кран; 24 — участок отделки изделий; 25 — склад готовой продукции.

Рисунок 1 – Схема производства стеновых панелей из автоклавного газшлакобетона

Острота проблемы, несмотря на достаточное количество путей решения, определяется увеличением уровня образования и накопления промышленных отходов. Усилия зарубежных стран направлены, прежде всего, на предупреждение и минимизацию образования отходов, а затем на их рециркуляцию, вторичное использование и разработку эффективных методов окончательной переработки, обезвреживания и окончательного удаления, а захоронения только отходов, не загрязняющих окружающую среду. Все эти мероприятия, бесспорно, уменьшают уровень негативного

воздействия отходов промышленности на природу, но не решают проблему прогрессирующего их накопления в окружающей среде и, следовательно, нарастающей опасности проникновения в биосферу вредных веществ под влиянием техногенных и природных процессов.

Список литературы:

1. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. — Ростов н/Д: Феникс, 2007.
2. П.П. Пальгунов Утилизация промышленных отходов. М.:1990.
3. Кукуева Т.И. Утилизация промышленных и бытовых отходов. Томск, 1992.

FEATURES OF SECURITY EQUIPMENT MAINTENANCE MAN- CAUSED BY RECYCLING ENERGY MATERIALS.

Alekseeva O.E., Grezhdiev D.M.

Donetsk National Technical University (DonNTU)

The urgency of problem of storage, processing and utilization of ammunition in Ukraine increased in recent years. The different ammunition utilization means was considered. The choice of rotating drum crystallizer for utilization of trotyl was grounded.

At present on more than 200 depots are stored about 2 million tons of ammunition, half of which requires utilization. 244 thousand tons of ammunitions needs in the immediate recovery, including – 24 thousand tons of missiles. It is consider that in the year 10-15 thousand tons of obsolete ammunition. Capacity of state and commercial entities, who work in the field of recycling, can destroy just about 25 thousand tons per year.

To ensure technological security in the enterprise control of energy-saturated materials requires special attention and skills of the staff, as well as compliance with certain requirements for equipment used. The main requirements are:

- High reliability and the timely repair of equipment;
- Increased level of mechanization and automation of production;
- The circuitry of technological and waste water from device of washout and hydraulic cutting sheet by water with high and very high pressure, as well as from abluion of equipment contaminated with suspensions of particles of explosives, aluminum, paint could be electrically connected for reuse. Used water (or other subsidiary working environment) must pass a series of additional cleanings before release into the environment.

For proper and safe operation of the equipment, it is necessary for the staff to systematically monitor the general condition and mode of operating designs, to watch closely for work of auxiliary equipment in a timely eliminate to arising faultiness.

It is also important to take into account specific features of the technology for demilitarization of ammunition. Energy-saturated materials in recyclable munitions are extremely sensitive to mechanical and thermal effects, which is potentially explosive, and as a consequence, the fire hazard. In addition, munitions are often received for disposal in violation of the outer shell (metal casing can be eroded by corrosion or simply broken), that complicates the safe transport and storage of such a ammunition, and requires extremely careful handling.

The slightest violation of the requirements for the operation of the equipment or the storage of obsolete ammunition without complying with the rules established by the legislation could lead to serious consequences (fire on ammunition storage facilities in Artemovsk (2003), explosions in the warehouses of artillery ammunition in Novobohdanivka (2004), explosions and fires at a military arsenal in Lozovoy (2008)).

In Ukraine, the most common methods of disposal of ammunition are following:

1. to remove explosives from munitions filled with trotyl and other meltable materials based on it, are used by different variants of the contact and noncontact heating and melting of explosives vapor;
2. large munitions filled with mixed fused explosives are utilized by different ways leaching of high-boiling inert liquid, and high pressure water;
3. ammunitions filled with infusible explosives of type A-1X-1 (phlegmatized RDX) and A-1X-2 (mixture of RDX phlegmatized with 20% aluminum powder) are utilized by different ways of mechanical destruction of explosive charge.

The most effective way is the utilization of trotyl by crystallization on the crystallizer drum. On the figure 1.1 show a diagram of a rotating crystallizer drum.

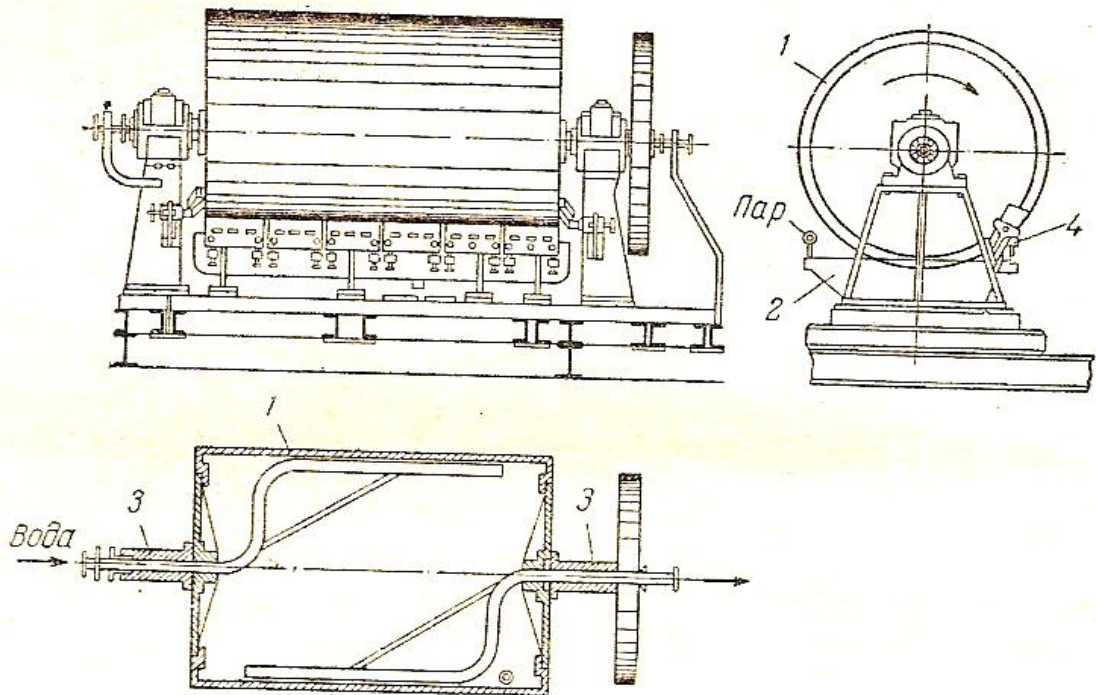


Figure 1.1 – The rotating crystallizer drum with internal cooling:
1 – drum; 2 – trough; 3 – knee; 4 – knife.

Supply of cooling agent (water) in a cooling casing occur through the left side of the hollow shaft and the knee 3, and the derivation - through the second koleno3 and the right side of the hollow shaft, on which the drum 1 is mounted. The cold water (temperature not exceeding 25C^0) is supplied in the cooling casing of drum and the hot water (temperature $84\text{-}98\text{C}0$) - in cooling casing of stockline and troughs 2. Then the valve is opened nutritious trotyl melt from the container begins to flow into the trough of drum to the level of 20 cm valve is closed. With further work the feed valve is opened and closed automatically.

The advantages of this method are: relatively high performance (0, 58 t / h), the lack of direct contact between the coolant (water) with TNT (the water does not require additional treatment after cooling), the relative safety of the process (risk of ignition of TNT is minimal).

The problem of technogenic safety in Ukraine requires serious and immediate intervention by the government, new scientific developments for a more rational utilization of ammunition.

Список литературы:

1. Генералов М.Б. Основные процессы и аппараты технологии промышленных взрывчатых веществ: Учебное пособие для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 397с.
2. Под общей ред. Щукина Ю.Г. Промышленные взрывчатые вещества на основе утилизированных боеприпасов: Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1988. – 319с.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОЧИСТКИ ВОДЫ В УСЛОВИЯХ ЭКОДОМА

Кутняшенко Ю.И., Парфенюк А.С.

Донецкий национальный технический университет

Вода нуждается в дополнительной очистке, откуда бы она не поступала - из колодца, артезианской скважины или водопровода. Изложены принципы и возможные решения проблемы закрытого цикла водоочистки в условиях экоддома.

Запасы пресной воды ограничены и распределены по поверхности и в земной коре неравномерно. Создается диспропорция между естественным запасом пресной воды и ее потреблением. Возникает угроза дефицита воды. В связи с этим ставится вопрос о рациональном использовании водных ресурсов.

Вся используемая вода хозяйственно-питьевого назначения предварительно очищается и обеззараживается на очистных сооружениях. Однако при движении по многокилометровым магистралям из труб, подверженных коррозии, качество ее заметно ухудшается, появляется запах, снижается прозрачность, повышается содержание железа и других тяжелых металлов, в воду попадают токсичные компоненты и бактерии из конструкционных и герметизирующих материалов. Все это может привести к тяжелым заболеваниям.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение экологически чистых жилых домов (далее экодомов) может осуществляться как от централизованных систем водоснабжения населенных мест, так и от индивидуальных источников.

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

По микробиологическим показателям питьевая вода должна соответствовать требованиям ГОСТ 18963-73.

Токсикологические показатели качества воды характеризуют безвредность ее химического состава и включают нормативы для веществ, встречающихся в природных водах, добавляемых к воде в процессе обработки в виде реагентов, появляющихся в результате промышленного, сельскохозяйственного, бытового и иного загрязнения источников водоснабжения.

Концентрация химических веществ, встречающихся в природных водах или добавляемых к воде в процессе ее обработки, не должны превышать нормативов.

Подбирая систему водоочистки для экодому нужно учитывать, что вода будет использоваться как в хозяйственно-бытовых целях, так и для питья и приготовления пищи. Задачу доведения качества воды до, оптимального уровня решают с помощью соответствующих систем водоочистки закрытого цикла.

Сточные воды экодому отличаются повышенным содержанием органических соединений в виде частиц и эмульсий. Технологический процесс очистки сточных вод, предназначенный для удаления различных компонентов, имеет модульное построение и состоит, главным образом, из этапов механической и физико-химической очистки сточных вод (рис. 1).



Рисунок 1 – схема закрытого цикла водоочистки

Во время эксплуатации экодому в сточные воды могут попадать крупные примеси. Их необходимо удалять в первую очередь, т.к. всевозможные крупные инородные тела могут заблокировать подающие устройства как, например, насосы и шнеки. Это можно осуществить при помощи автоматического грубого сита установленного в бетонный канал под углом около 75°. Сточная вода проходит через сито, причем все содержащиеся в стоке твердые вещества задерживаются на сите. Дополнительно эффект фильтрации усиливается за счет того, что поверхность сита покрывается осадком. При достижении определенной разницы уровня воды машина включается. При этом чистящие гребенки приводятся в действие вращающимися цепями. Во время поступательного

движения чистящих гребенок фильтрат передвигается вначале вдоль решетки, а затем через фартук. В зоне сбрасывающего устройства движется скребок, который снимает фильтрат с гребенки, после чего фильтрат падает через шахту сброса в установленный под ней контейнер для утилизации.

После предварительной очистки на грубой решетке сточные воды подаются при помощи насосов на механическую ступень очистки. Плавающие, осаждающиеся и взвешенные вещества полностью улавливаются решетками фильтра с соответствующей шириной ячеек, выводятся и автоматически сбрасываются в контейнер для отходов в как можно более сухом виде.

После так называемой механической ступени очистки следует химическая обработка сточной воды. При помощи различных присадок мельчайшие частицы жира и взвесей, а также эмульгированные вещества связываются в крупные хлопья и на последующей физической ступени переработки их можно выделить из очищенной воды.

Так называемая химическая ступень переработки включает в себя дозирование трех вспомогательных веществ, связывающих ингредиенты сточных вод, а значит, и загрязнения, и выделяющих их из воды. Вода перекачивается через специальный трубчатый флокулятор, в котором в трех разных местах происходит дозирование химических реагентов. В трубчатом флокуляторе имеются три точки дозирования с установленным после каждого из них устройством перемешивания, которое благодаря турбулентности подает нужное количество смеси. Таким образом, производится оптимальная коагуляция и флокуляция. В трубчатом флокуляторе также можно произвести измерение значения рН и нейтрализацию.

Предварительно обработанная химическими реагентами сточная вода через приточный трубопровод попадает во флотационную емкость. Напорная вода, насыщенная воздухом, разрежается через форсунки, а образующиеся при этом микроскопические пузырьки (диаметром 20 – 40 микрон) интенсивно перемешиваются с суспензированными ингредиентами воды. Происходит оседание пузырьков на твердых частицах и образование хлопьев, состоящих из твердых частиц и газа, всплывающих на поверхность. Хлопья всплывают во флотационной емкости и образуют слой флотопены, который затем убирается при помощи скребка в шахте. При этом флотопена дополнительно обезвоживается ребрами скребка специальной формы, после чего собирается либо в контейнере, либо эксцентриковым червячным насосом транспортируется на следующую ступень переработки

Благодаря пластинчатому сепаратору площадь сепарирования установки значительно увеличивается, обеспечивая более высокую

гидравлическую нагрузку при равных размерах установки. Пути сепарирования в пакете пластин значительно сокращены. Распределенные твердые частицы образуют как крупные скопления хлопьев флотопены на нижней стороне пластин, так и скопления хлопьев осадка на верхней стороне наклонных пластин. Оттуда закрытые скопления поднимаются во флотат или соскальзывают в воронку для сбора осадка. Осадок удаляется самотеком при помощи эксцентрикового червячного насоса или при помощи шибера с пневматическим или электрическим приводом.

После очистки в пластинчатом сепараторе вода через забральную стенку течет в буферную емкость, где через регулируемую по высоте плотину она направляется в водослив. При помощи этой плотины регулируется уровень воды во флотационной ванне и, тем самым, глубина погружения ребер скребка.

Для подготовки сжатого воздуха из буферной емкости для чистой воды в зоне слива забирается часть очищенной воды, которая нагнетается при помощи многоступенчатого насоса до давления в 6 бар. При этом воздух при помощи компрессора подается прямо на корпус крыльчатки насоса и интенсивно перемешивается с водой. В результате этого образуется большая поверхность массообмена между водной и газообразной фазой, в результате чего воздух в воде растворяется. Затем обработанная сточная вода попадает через напорный трубопровод на редукционный клапан, где давление жидкости снижается, и высвобождаются микроскопические пузырьки.

Во время физико-химической очистки выделяются загрязнения и в виде шлама удаляются из сточных вод в качестве отдельного потока вещества. Этот поток отличается высоким содержанием воды и для экономичной утилизации шлама должен быть максимально обезвожен. Это происходит при помощи шнекового пресса, на который постоянно перекачивается шлам. Перед входом на шнековый пресс в шлам дозируется полиэлектролит, который формирует частицы шлама в стабильные хлопья и тем самым положительно влияет на обезвоживание и отделение шлама от воды.

В качестве фильтрующего и прессующего узла здесь, как правило, используется шнековый пресс с цилиндрическим ситом. К шнековому прессу присоединяется коагуляционный реактор для формирования обезвоживаемой флотопены и усмирения сформированного в хлопья шлама. В шнековом прессе шлам непрерывно обезвоживается благодаря растущему давлению в шнеке. Благодаря наклонному положению шнекового пресса и спиральям шнека происходит непрерывный подъем обезвоженного осадка. Постоянное переворачивание шлама предотвращает сопротивление шлама и гарантирует высокую производительность обезвоживания. Обезвоженный таким образом шлам очень плотен и может быть сброшен в контейнер. Отфильтрованную воду из шнекового пресса можно снова направить на химическую очистку. Таким образом, формируется закрытый цикл переработки сточных вод.

ВОЗМОЖНОСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОДОМА

Минакова А.А., Парфенюк А.С.

Донецкий национальный технический университет

Проанализированы основные причины недостаточного использования альтернативной энергии. Кратко дана информация о наиболее доступных возможностях получения альтернативной энергии.

Любому жителю нашей планеты хочется жить в экологически благоприятных условиях и пользоваться бесплатной экологически чистой энергией. Это может быть реализовано в условиях экодому. Существует достаточно способов получения этой энергии, однако массового перехода на возобновляемые источники энергии (ВИЭ: солнечная, ветровая, энергия приливов и отливов) не наблюдается.

Это может объясняться многими причинами: интересы нефтегазодобывающих компаний, недостаточная поддержка государства, недостаток инициативы предпринимателей и многое другое.

Государственным структурам неинтересно заниматься долгосрочными проектами в альтернативной области, но массовому потребителю уже сейчас нужна дешевая и доступная энергия. Поиски дешевых источников и технологий получения альтернативной энергии ложатся на плечи рядовых потребителей.

В то же время по мере роста стоимости обычных энергоносителей растёт и цена получения менее эффективной альтернативной энергетики. Ни один из ВИЭ в единственном роде не в состоянии полностью «энергообеспечить» жилой дом и быть при этом доступным. Однако, использование отдельных энергосберегающих элементов в сочетании с традиционными источниками энергии возможно уже сейчас.

Использование на данный момент далеко не дешевой альтернативной энергии также может быть оправдано в условиях отсутствия (недостатка) традиционных источников (приусадебные участки, туристические дома, экопоселения).

Рассмотрим примеры наиболее энергоэффективного и наиболее доступного на данный момент оборудования, рассчитанного обеспечить энергией согласно их нуждам 4 человек, проживающих в 1 доме.

Прежде всего, человек нуждается в тепле помещения, электричестве (освещение, подключение бытовых приборов) и горячей воде.

Обогрев и жилого помещения

В качестве основного источника энергии для обогрева экодому можно использовать печи на возобновимом растительном топливе и, как дополнительную систему - солнечные коллекторы. В определенных местах, где есть возможность, целесообразно использовать энергию ветра и воды. Единственный источник энергии, который есть везде, - это солнце.

Экодом - это относительно небольшое здание, поэтому распределять тепло по экодому необходимо с помощью естественной конвекции и лучистого обогрева. Основными теплогенераторами, за исключением трех зимних месяцев, для экодому могут быть *воздушные* и *водяные солнечные коллекторы*. В зимние месяцы целесообразно использовать эффективные печи медленного горения с каталитическим дожигом горючих газов.

Воздушный солнечный коллектор - главный элемент системы воздушного солнечного обогрева, пусть и не обладающий высоким коэффициентом полезного действия, но он прост и дешев в изготовлении и в эксплуатации.

Конструкция воздушного солнечного коллектора заключается в следующем. Теплоизолированная снизу зачерненная поверхность является дном плоского ящика. Сверху этот ящик закрыт стеклом или другим прозрачным материалом (в настоящее время часто применяются двухслойные пластиковые покрытия). Видимый свет поглощается зачерненной поверхностью, нагревает ее, а она, в свою очередь, нагревает воздух в коллекторе. Нагретый воздух подается в помещение.

Также для подогрева экодому используются дополнительные печи на растительном топливе, например, такие, как *дровяные печи медленного горения с каталитическим дожигом горючих газов*.

Низкие теплопотери экодому позволяют использовать печи малой мощности, которые имеют коэффициент полезного действия 55-75%. Они оборудуются воздухопроводами, обеспечивающими подачу теплого воздуха в разные помещения для их быстрого нагрева. Для дополнительного снятия остаточного тепла дымовых газов печи совмещаются с суточным водяным аккумулятором.

Электрообеспечение

В настоящее время в большинстве случаев в экодоме будет использоваться электроэнергия от сети и, по возможности, от дополнительных альтернативных источников электроэнергии (индивидуального бензинового или дизельного генератора, ветроэлектрического генератора, фотоэлектрической батареи). Поэтому необходимо использовать *комплексное вводно-распределительное устройство*, позволяющее снизить потребление мощности из внешней электрической сети при одновременной работе нескольких электрических

приборов. Устройство включает в себя блок управления, преобразователь и батарею аккумуляторов.

Солнечные электрические установки используют солнечные элементы для выработки электричества при освещении их солнечным светом. В отличие от солнечных коллекторов, они работают всегда, когда светит солнце. Солнечные батареи вырабатывают электричество даже в облачную погоду, хотя и в меньшем количестве.

Солнечная электроустановка состоит из солнечных батарей, аккумуляторной батареи и преобразователя постоянного тока в переменный, так как большинство бытовых приборов работают на переменном токе. В зоне основного проживания населения Украины с помощью автономных солнечных электроустановок можно вырабатывать достаточно электроэнергии для основных бытовых нужд.

Обогрев воды

Основными источниками горячей воды для бытовых нужд в экодоме являются *каталитическая печь медленного горения* и *водогрейная установка с водяными солнечными коллекторами*.

Водогрейные системы, использующие солнечную энергию, бывают двух типов: с естественной и принудительной циркуляцией воды.

Более удобна с точки зрения произвольного ее размещения водогрейная система с принудительной циркуляцией. Составными частями солнечной установки для подогрева воды с принудительной циркуляцией являются плоский коллектор, бак-аккумулятор, трубопроводы, насос и система управления. Эта система предусматривает автоматическое регулирование. Каждый раз, когда температура воды в верхней части коллектора становится выше температуры воды на дне бака-аккумулятора на заранее заданное число градусов, включается насос. Вода прокачивается по системе до тех пор, пока температура не выровняется в баке и коллекторе за счет нагрева или не снизится уровень солнечного излучения.

Водяной солнечный коллектор - главный элемент системы солнечного нагрева воды. В отличие от воздушного, коллектор на жидком теплоносителе имеет замкнутую систему, которая включает коллектор и теплообменник. По этой системе циркулирует незамерзающая и не выделяющая при нагревании накипь жидкость. Теплообменник размещается в нижней части бака-аккумулятора.

Источниками нагрева водяного аккумулятора кроме каталитической печи медленного горения, могут быть использованы *система воздушного солнечного отопления* и *система солнечного подогрева воды*. Внешняя теплоизоляция аккумулятора - деревянная, кирпичная или из газобетона, - служит для понижения температуры обогреваемой поверхности примерно до 40 С. [1].

Сегодня в проектах экодому невыгодно закладывать автономное энергообеспечение, поэтому целесообразно и экономически оправдано использование отдельных элементов, такие как воздушные солнечные коллекторы, дровяные печи медленного горения с каталитическим дожигом горючих газов, водогрейные системы с водяным солнечным коллектором.

Рекомендуется использовать комбинированную систему электрообеспечения - централизованные сети и системы, включающие солнечные батареи и аккумулятор, который будет использоваться в качестве стабилизатора, накопителя и перераспределения потребления энергии во времени.

Для подогрева воды необходимо использовать установки, использующие электричество, газ, дрова или их комбинацию. Для накопления необходимого объема горячей воды для бытовых нужд целесообразно использовать водяной суточный бак-аккумулятор.

Список литературы:

1. Огородников И.А., Макарова О.Н., Дубынина Е.С. Экодом в Сибири. Обзор литературы, оригинальные разработки, рекомендации специалистов. - Исар-Сибирь, Новосибирск, 2000

УДК 621.928.94

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭФФЕКТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ И СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОПOTЕРЬ ЭКОДОМА

Павленко В.С., Парфенюк А.С.

Донецкий национальный технический университет

Здоровье, работоспособность и самочувствие человека в значительной мере зависят от условий микроклимата и воздушной среды в помещениях, где находится человек. Если говорить о физиологическом воздействии окружающего воздуха на человека, то следует напомнить, что человек в сутки потребляет около 3 кг воды, пищи и 15 кг воздуха. Что это за воздух, какова его свежесть и чистота, душно, жарко или холодно человеку в помещении, во многом зависит от инженерных систем, специально предназначенных для обеспечения воздушного комфорта. Среди которых следует выделить системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

Чтобы тепло не терялось даром, экодом стремятся делать герметичным, но в то же время экодом должен иметь систему вентиляции, обеспечивающую комфортные условия. Постоянный воздухообмен помещений с внешней средой позволяет удалять из жилья газообразные продукты жизнедеятельности людей (углекислый газ, пары воды, кухонные запахи и т. д.) и запахи отделочных материалов, мебели и оргтехники.

Согласно нормативным документам, температура воздуха в жилых помещениях должна составлять 18-22 °С, при относительной влажности 40-60 %.

При строительстве жилых домов обычно закладывается простейшая **система вентиляции**: оборудуется общий вертикальный вентиляционный канал для удаления загрязненного воздуха, а свежий поступает естественным путем через окна. Таким образом, реализуется *естественная вентиляция*, при которой воздухообмен осуществляется за счет разницы температур и/или атмосферного давления снаружи и внутри помещения, силы и направления ветра. Достоинством системы является ее экономичность: никаких затрат на подбор, монтаж, эксплуатацию и электроэнергию. Однако эффективность естественной вентиляции низка, и существенно зависит от случайных погодных факторов. Более того, современные строительные технологии, в частности, стены с дополнительным утеплением, герметичные окна, двойные двери, исключают проникновение свежего воздуха с улицы. В свою очередь увеличение количества бытовой техники, а также использование материалов искусственного происхождения для внутренней отделки помещений домов требует эффективной системы воздухообмена — вытяжки влаги и запахов помещений общего пользования; притока свежего очищенного воздуха из внешней среды. Таким образом, создание комфортного микроклимата в жилом помещении все чаще доверяется системам *искусственной (принудительной) вентиляции*.

На вентиляции в существующих домах теряется ориентировочно около трети всего тепла. Исходя из этого естественно было бы ее сократить, однако при этом могут ухудшиться качество внутреннего воздуха, что также недопустимо. Анализ показывает, что возможно проведение системы различного характера мероприятий нацеленных на замедление или компенсацию ухудшения гигиенических показателей внутреннего воздуха. При этом без ухудшения качества воздуха окажется возможным сократить объемы вентиляции и вместе с тем потери тепла. Потери тепла на вентиляцию могут быть сокращены также применением искусственных сосредоточенных приточно-вытяжных систем вентиляции с теплообменниками или тепловыми насосами.

Рекуперация и вентиляция

Самым эффективным способом обеспечения хорошего качества воздуха является способ рекуперации (утилизации) тепла, при котором внешний холодный воздух, попадая в рекуператор, нагревается за счёт отработанного теплового воздушного потока.

Поскольку экодом обладает повышенной герметичностью, воздухообмен в нем хуже, чем в обычном доме. Поэтому, его необходимо интенсивно вентилировать. Сочетание герметичности с хорошей вентиляцией представляет собой одну из главных проблем. Для создания комфортных условий нужна полная замена воздуха в помещении с определенной скоростью, поэтому главные теплотери при высокой герметичности обусловлены вентиляцией. Чтобы их уменьшить, используют рекуперацию тепла. Такие системы позволяют вернуть до 50-70% тепла в дом, а некоторые – до 80% (например, роторный рекуператор разработки А.И.Яворского, рис.1).

Но далеко не все могут воспользоваться этим способом, т.к. он дорогостоящий и требует установки дополнительного оборудования – воздуховодов и подвесных потолков.

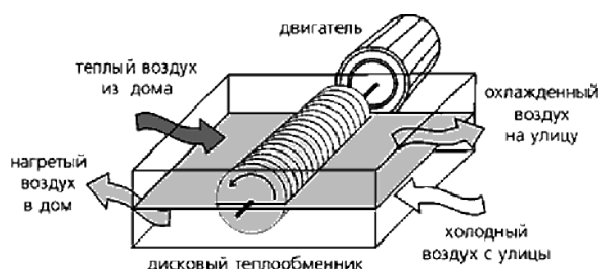


Рисунок 1 - Роторный рекуператор тепла для системы с принудительной вентиляцией. (Разработка А.И. Яворского)

Воздухоочиститель для экодому

Свежий и чистый воздух давно стал дефицитом. Мы не задумываемся серьезно над тем, каким воздухом дышим. Мы привыкли дышать грязным воздухом, что, когда попадаем на природу даже на несколько часов, у некоторых начинает кружиться голова от обилия чистого свежего воздуха. Воздухоочистители существуют для очистки воздуха.

Воздухоочиститель обычно состоит из вентилятора, ионизатора и системы фильтров. Встроенный вентилятор втягивает воздух внутрь прибора, где он ионизируется, прогоняется через систему фильтров, которые задерживают вредные примеси, и затем уже очищенный воздух подается в помещение. Такие очистители воздуха называют приточно-вытяжными.

Современные воздухоочистители имеют автоматический выбор режима в зависимости от степени загрязненности воздуха, почти не шумят, экономят электроэнергию.

Воздухоочистители наряду с другими типами климатического оборудования позволяют создать наиболее благоприятные и комфортные условия для жизнедеятельности человека. Они удаляют из воздуха помещений пыль, вредные вещества. В настоящее время никакой очиститель пока что не в состоянии придать квартирному воздуху натуральную «свежесть» и полезность.

Удаление пыли и очистка воздуха

Составной частью системы вентиляции и кондиционирования воздуха является встроенный пылесос барботажного типа, в котором фильтрация воздуха осуществляется через водяную пену. Пылесос используется по прямому назначению - удалению пыли с поверхностей пола, мебели, ковров и одежды, а также для очистки воздуха в помещениях от пыли и кондиционирования воздуха в помещениях с использованием различных добавок (дезинфицирующих, ароматизирующих, лечебных). С системой пылеудаления совмещена система озонирования или ультрафиолетовой обработки воздуха (слабая ионизация для повышения качества воздуха и сильная ионизация - для дезинфекции помещений).

В наше время и с нашими современными условиями не стоит пускать решение проблем вентилирования жилья на самотек, ведь от этого зависит ваше здоровье и комфорт в доме.

УДК 622.276

КОМПЛЕКСНАЯ ПОДГОТОВКА ПРИРОДНОГО ГАЗА К ТРАНСПОРТИРОВКЕ

Топоров А.А., Выпирайко Д.В.

Донецкий национальный технический университет

Природный газ, нефть и каменный уголь - основной источник углеводородов.

Природный газ широко используют как дешевое топливо с высокой теплотворной способностью (при сжигании 1 м³ выделяется до 54 400 кДж) [1].

Это один из лучших видов топлива для бытовых и промышленных нужд. Кроме того, природный газ служит ценным сырьем для химической промышленности. Разработано много способов переработки природных

газов, главной задачей этой переработки — превращение предельных углеводородов в более активные — непредельные, которые затем переводят в синтетические полимеры (каучук, пластмассы). Кроме того, окислением углеводородов получают органические кислоты, спирты и другие продукты. Также из газа получают огромное количество других полезных продуктов, таких как: гелий, серу, кетоны (ацетон, метилэтилкетон) эфиры, в том числе метилтретбутиловый эфир, бензол (толуол, этилбензол, стирол, кумол) [1].

Природный газ находится в земле на глубине от 1000 метров до нескольких километров. В недрах газ находится в микроскопических пустотах (порах). Пory соединены между собой микроскопическими каналами — трещинами, по этим каналам газ поступает из пор с высоким давлением в поры с более низким давлением до тех пор, пока не окажется в скважине.

Газ добывают из недр земли с помощью скважин. Скважины стараются разместить равномерно по всей территории месторождения. Это делается для равномерного падения пластового давления в залежи. Иначе возможны перетоки газа между областями месторождения, а также преждевременное обводнение залежи. Газ выходит из недр вследствие того, что в пласте находится под давлением, многократно превышающем атмосферное. Таким образом, движущей силой является разность давлений в пласте и системе сбора [2].

Основную часть природного газа составляет метан (CH_4) — до 85 - 95%. В состав природного газа могут также входить более тяжёлые углеводороды — гомологи метана: этан (C_2H_6) 0,5 – 0,4%, пропан (C_3H_8) 0,2 – 1,5%, бутан (C_4H_{10}) 0,1 – 1%, а также другие неуглеводородные вещества: водород (H_2) до 5%, сероводород (H_2S) до 0,5%, диоксид углерода (CO_2) 4 – 6%, азот (N_2) 4 – 6%, гелий (He) до 2%.

Физические характеристики зависят от состава.

Плотность: от 0,7 до 1,0 кг/м³ (сухой газообразный, при нормальных условиях) либо 400 кг/м³ (жидкий).

Температура возгорания: $t = 650$ °С.

Чистый природный газ не имеет цвета и запаха. Чтобы можно было определить утечку по запаху, в газ добавляют небольшое количество веществ, имеющих сильный неприятный запах (т. н. одорантов). Чаще всего в качестве одоранта применяется этилмеркаптан [3].

При добыче природного газа, содержащего сероводород, необходимо решить специфические проблемы для обеспечения безаварийной, надёжной и эффективной эксплуатации месторождений. Перед подачей газа на очистку, например аминовую, из газа должны быть извлечены тяжёлые углеводороды, чтобы избежать в работе установки очистки от кислых примесей.

При добыче природного газа часто происходит дросселирование, изменение давления без совершения внешней работы, которое сопровождается охлаждением, которое описывается эффектом Джоуля-Томсона [4].

Для облегчения транспортировки и хранения природного газа его сжижают, охлаждая при повышенном давлении, а также сжимают.

Сжиженный газ транспортируют танкерами.

В настоящее время основным видом транспорта является трубопроводный. Газ под давлением 75 атмосфер движется по трубам диаметром до 1,4 метра. По мере продвижения газа по газопроводу он теряет энергию, преодолевая силы трения как между газом и стенкой трубы, так и между слоями газа. Поэтому через определённые промежутки необходимо сооружать компрессорные станции (КС), на которых газ дожимается до 75 атм. Сооружение и обслуживание нефтепровода весьма дорогостояще, но тем не менее - это наиболее дешёвый способ транспортировки газа [5].

Газ, поступающий из скважин, необходимо подготовить к транспортировке конечному пользователю - химический завод, котельная, городские газовые сети. Необходимость подготовки газа вызвана присутствием в нём кроме целевых компонентов примесей, вызывающих затруднения при транспортировке либо применении. Так, пары воды, содержащейся в газе, при определённых условиях могут образовывать гидраты или, конденсируясь, скапливаясь в различных местах (изгиб газопровода), мешая продвижению газа; сероводород вызывает сильную коррозию газового оборудования (трубы, ёмкости теплообменников и т. д.) [3].

Газовые гидраты (также гидраты природных газов или клатраты) - кристаллические соединения, образующиеся при определённых термобарических условиях из воды и газа. В природном газе присутствуют следующие гидраты: гидраты газа, хлора, брома, сероводорода, метана.

Помимо подготовки самого газа, необходимо подготовить и газопровод. Широкое применение здесь находят азотные установки, которые применяются для создания инертной среды в газопровode.

Газ подготавливают по различным схемам. Согласно одной из них [3], в непосредственной близости от месторождения сооружается установка комплексной подготовки газа (УКПГ), на котором производится очистка и осушка газа.

Если газ содержит в большом количестве гелий либо сероводород, то газ обрабатывают на газоперерабатывающем заводе, где выделяют гелий и серу.

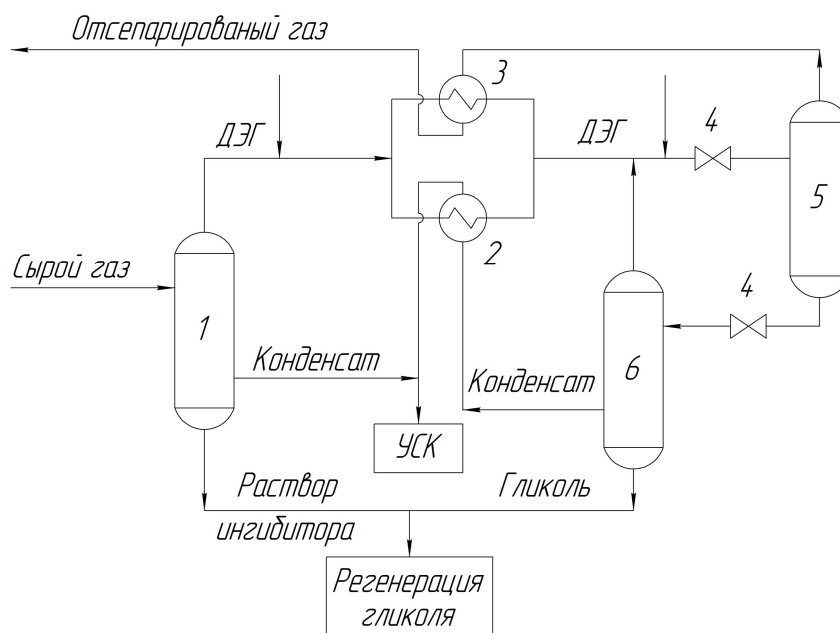
Переработка природного газа представляет собой многоплановый комплексный процесс, который осуществляется в условиях непрерывного

изменения состава сырья в результате снижения пластового давления при длительной эксплуатации скважин. Изменение состава сырья неизбежно приводит к реконструкции как промысловых установок комплексной подготовки газа (УКПГ), так и основных процессов на газоперерабатывающих заводах (ГПЗ) [3].

На начальных этапах эксплуатации газоконденсатных месторождений давление на входе на УКПГ значительно превышает давление, необходимое для подачи в магистральные трубопроводы. Избыточное давления газа используется для получения низких температур, необходимых для отделения конденсата методом низкотемпературной сепарации (НТС).

Низкотемпературной сепарацией называется процесс извлечение жидких углеводородов из газов путем однократной конденсации при пониженных температурах с разделением равновесных газов и жидкой фазы.

Типичная схема установки низкотемпературной сепарации (УНТС) представлена на рис. 1. Сырой газ со скважин поступает на первую ступень сепарации 1, где отделяется жидкая фаза (пластовая вода с растворенными ингибиторами и сконденсировавшийся углеводородный конденсат). Отсепарированный газ направляется в рекуперативные теплообменники 2 и 3 для рекуперации холода с дросселированных потоков газа и конденсата. Для предупреждения гидратообразования в поток газа перед теплообменниками впрыскивают моно, диэтилен - гликоль (ДЕГ) или метанол. При наличии свободного перепада давления (избыточного давления промыслового газа) охлажденный газ из теплообменников поступает в расширительное устройство - дроссель или детандер. При отсутствии свободного перепада давления газ направляют в испаритель холодильного цикла, где используется внешний хладагент, например сжиженный пропан. После охлаждения в расширительном устройстве или испарителе газ поступает в низкотемпературный сепаратор 5, где из потока газа отделяются сконденсировавшиеся жидкие углеводороды и водный раствор ингибитора гидратообразования. Газ из сепаратора 5 через теплообменник 2 подается в магистральный газопровод. Жидкая фаза через дроссель 4 поступает в трехфазный сепаратор 6, откуда газ выветривания эжектором возвращается в основной поток. Водный раствор ингибитора, выводимый снизу сепаратора 6, направляется на регенерацию, а выветренный конденсат через теплообменник 3 - на стабилизацию на установку стабилизации конденсата (УСК) [6].



1 – сепаратор; 2, 3 – рекуперативный теплообменник; 4 – дроссель; 5 – низкотемпературный сепаратор; 6 – трехфазный сепаратор

Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема установки низкотемпературной сепарации газа

Сейчас большинство компаний и предприятий стараются внедрить новые методы и технологии по добыче и переработке природного газа.

Одни из актуальных идей по добыче природного газа:

- применение водоизолирующих составов при капитальном ремонте скважин;
- мобильная компрессорная установка;
- снижение потерь газа и негативного воздействия на окружающую среду;
- газодинамические исследования скважин без выпуска газа в атмосферу;
- интенсификация притока в скважинах: радиальное вскрытие пласта, гидроразрыв пласта с помощью спекающегося проппанта;
- увеличение производительности скважин, снижение техногенного воздействия на окружающую среду;
- строительство наклонно-направленных и горизонтальных скважин [2].

При разработке новых технологий добычи природного газа также разрабатываются комплекс обслуживающего оборудования.

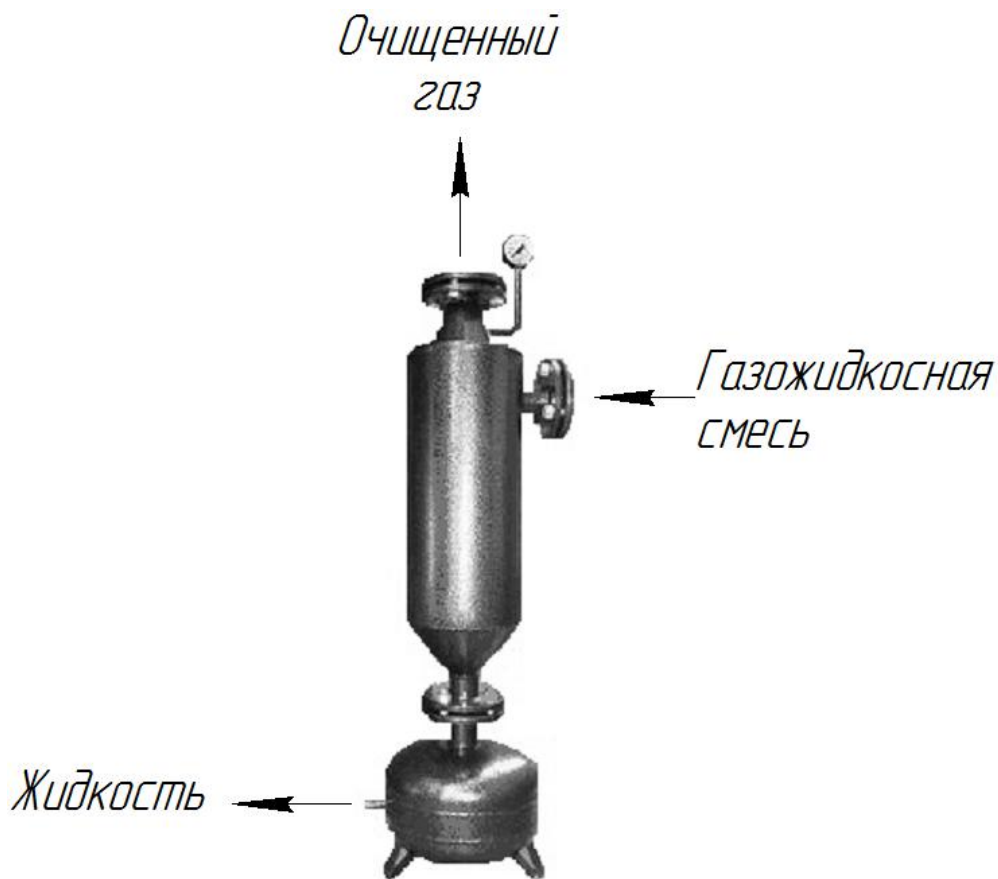


Рисунок 2 – Сепаратор СЦВ

Вихревой газожидкостной сепаратор СЦВ (рис.2) предназначен для глубокой очистки газового потока от капельной, мелкодисперсной, аэрозольной влаги и механических примесей. При сепарации бинарной смеси (газ–жидкость) одновременно осуществляется и процесс разгазирования жидкой фазы. Высокая эффективность сепарации (99 %) на всем диапазоне нагрузок по жидкой и газовой фазам, устойчивая работа в пробковом режиме с сохранением указанной степени сепарации достигается за счет наличия последовательно работающих по ходу вращения газового потока нескольких ступеней сепарации.

Конструктивное решение позволяет решать поставленные задачи за счет уникальной конструкции сердцевины сепарационного пакета, работающего в гидродинамическом режиме, приближенном к режиму смерча.

Минимальные габариты и вес позволяют транспортировать его в труднодоступные места действующего производства. В особо трудных случаях предоставляется возможность транспортировать отдельно накопительные емкости и сепаратор. Разборка и сборка не превышает 2–3 часов.

При работе в режиме вакуума наличие двух накопительных емкостей позволяет производить слив конденсата из сепарационной установки в непрерывном режиме.

Сепараторы лопастного типа (рис.3):

- обуславливают высокоэффективную сепарацию уносимой жидкости от паров;
- использование лопастей позволяет сделать установку более компактной по сравнению с традиционными сетчатыми сепараторами;
- лопастные сепараторы удаляют 100% капель диаметром более 8 микрон, при этом газ на выходе содержит не более 0,1 американского галлона на миллион стандартных кубических футов газа, проходящего через сепаратор (13 литров/млн.ст.м³).

•

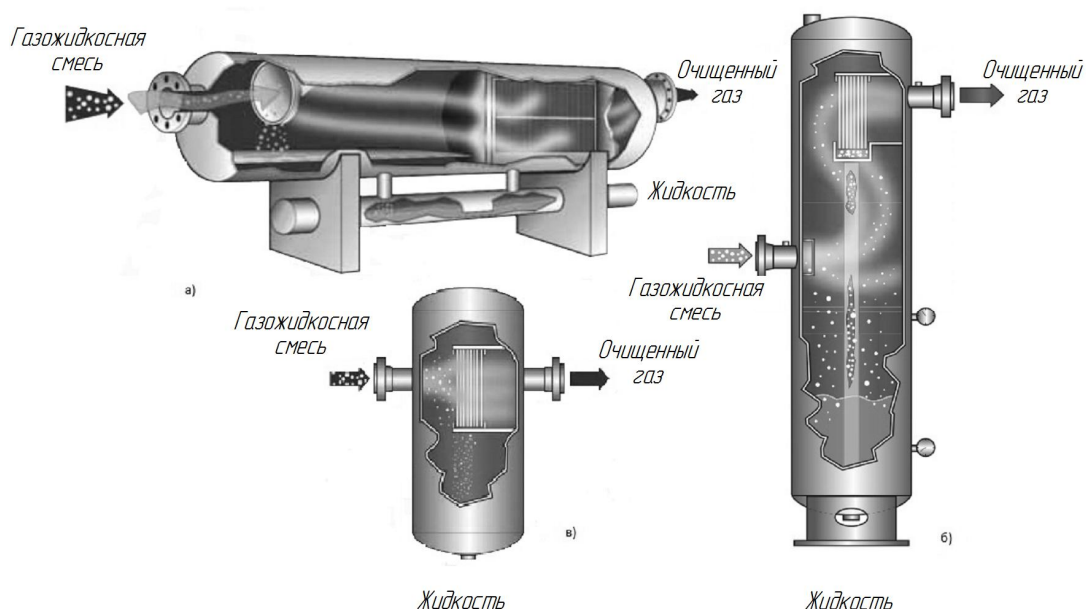


Рисунок 3 – Схемы сепараторов лопастного типа: а – горизонтальный, б – вертикальный, в – прямой

Сепараторы с технологией мультициклон и газосепараторы с осевым потоком газа (рис.4):

- составляют определенный объем циклонов малого диаметра;
- сепараторы с технологией мультициклон удаляют 100% всех капель и твердых частиц диаметром более 8 микрон;
- центробежный рециркуляционный сепаратор (вихревая труба) удаляет 100% всех капель и твердых частиц диаметром более 6 микрон.

•

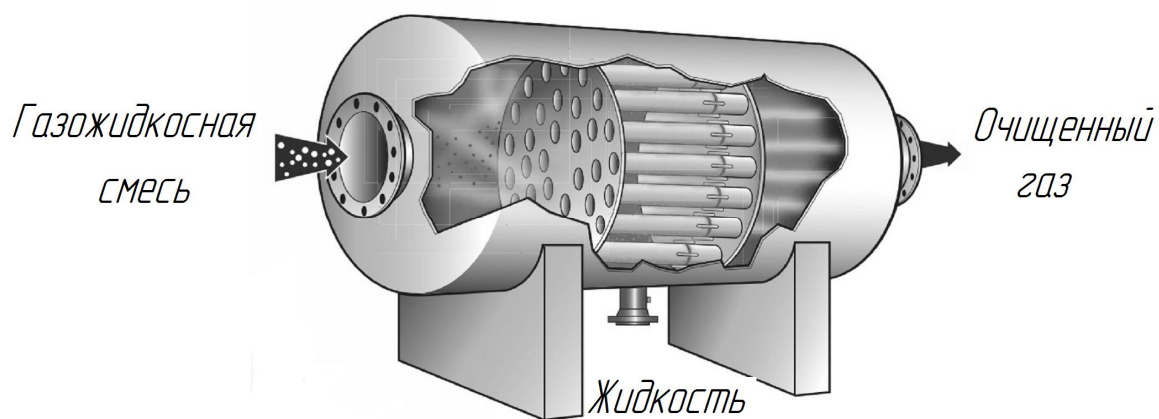


Рисунок 4 – Сепаратор с технологией мультициклон и газосепараторы с осевым потоком газа

Коалесцирующие абсолютные сепараторы (рис.5):

- двухступенчатый агрегат, в котором первая ступень - это лопасть или циклон для общего удаления загрязнителей, и вторая - коалесцирующий элемент для тонкой полировки;
- коалесцирующий абсолютный сепаратор удаляет 99% всех капель диаметром более 0,3 микрона. Массовый перенос частиц составляет менее 1 частицы на миллиард.

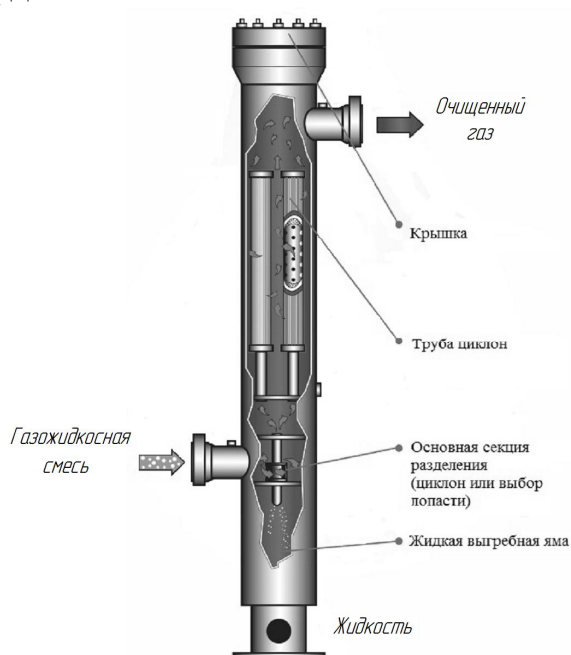


Рисунок 5 - Коалесцирующий абсолютный сепаратор

Несмотря на преимущества использования природного газа перед другими видами топлива, количество вредных веществ, поступающих в

окружающую среду при его использовании, остается достаточно большим, что приводит к существенным изменениям в атмосфере, поверхностных водотоках, водоемах, подземных водоносных горизонтах, почвах и растениях.

При эксплуатации газотранспортных объектов следует выделить два основных источника загрязнений - линейная часть газопровода и компрессорные станции.

Компрессорные станции поставляют в воздушную среду большую часть оксида и диоксида азота, оксида углерода. Снижение их содержания в воздухе - главная задача в газовой отрасли. Отсюда необходимо обеспечение герметичности всех систем, сокращение аварийных ситуаций, что связано с уменьшением потерь газа, и, следовательно, негативного воздействия на окружающую среду.

Значительная часть загрязняющих атмосферу веществ на компрессорных станциях выделяется при работе газоперекачивающих агрегатов и составляет 98%, а остальные 2% - продукты сжигания газа при работе котельных и электростанций. Большое (до 2200 м³ газа) количество газа выбрасывается в атмосферу через "свечу" при остановках и пусках газоперекачивающих агрегатов. Кроме этого, потери газа на компрессорных станциях (до 10 тыс. м³ в летний период) происходят при продувках пылеуловителей.

Компрессорные станции поставляют в атмосферу большое количество оксидов азота и углерода, которые поступают от топливоиспользующего оборудования. При содержании в газе соединений серы в состав выбросов входят сероводород и диоксид серы.

Мощный парк газоперекачивающих аппаратов и установок участвует в общем вкладе загрязнения воздушного бассейна и в изменении природных условий. Постоянно выделяющиеся загрязняющие вещества рассредотачиваются воздушными потоками на большие расстояния.

Список литературы:

1. Ширковский А. И., Смирнов А. С. Геология черного золота и газа - М., 1968 – 256с.;
2. Базлов М. Н., Жуков А. И., Алексеев Т. С. Подготовка природного газа и конденсата к транспорту - М., 1968 – 184 с.
3. Еременко В.К. Газовые месторождения СССР. Справочник, 2 изд. - М., 1968 – 341 с.
4. Гудков С.Ф. Переработка углеводородов природных и попутных газов - М., 1960 – 285 с.
5. Коротаев Ю. П., Полянский А. П. Добыча и транспорт газа - М., 1957 – 261 с.
6. Гриценко А. И., Александров И. А., Галанин И. А. Физические методы переработки и использование газа - М., 1981 – 213с.
7. Экологическая оценка воздействия работы объектов транспорта газа на окружающую среду // Транспорт и подземное хранение газа - М.: ИРЦ. Газпром. №5.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОГНЕУПОРНОЙ КЛАДКИ КОКСОВЫХ ПЕЧЕЙ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ В КОКСОВОМ ЦЕХЕ И В ЦЕЛОМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Третьяков П.В., Воропаева Н.И.

Донецкий национальный технический университет

Рассмотрены этапы образования дефектов в кладке обогривательных простенков коксовых батарей, их негативное воздействие на окружающую среду. Приведены статистические данные по изменению технического состояния отопительной кладки простенков.

Известно, что предприятия металлургического и коксохимического производства оказывают высокую технологическую нагрузку на окружающую среду. Об этом свидетельствуют данные ежегодных отчетов национальных докладов о состоянии окружающей среды в Донецкой и других областях Украины. Например, по состоянию на 2008 г. предприятиями металлургического и коксохимического комплекса Донецкой области было выброшено 31% валовых выбросов вредных веществ в атмосферный воздух, что по массе составило 475 тыс. тонн. Их средний химический состав составляет: оксид углерода-32,9%; метан-23,3%; диоксид серы-21,7%; пыль-12,0%; оксид азота-5,1%; остальные-5%. Удельные выбросы на многих производствах составляют 6-10 кг/т, даже на относительно обновленных предприятиях более 2 кг/т произведенного кокса [1]. Особенно ощутимы данные результаты в крупных мегаполисах: Донецк, Запорожье, Днепрпетровск, Днепродзержинск, Кривой Рог, Макеевка, Енакиево и многих других.

В Украине функционирует 14 предприятий коксохимического производства, имеющих в своем составе около 60 действующих коксовых батарей, средний срок службы печного фонда составляет около 28 лет [2].

Одним из основных источников вредных газопылевых выбросов на коксохимических предприятиях являются батареи коксовых печей. В связи с этим следует отметить, что техногенная нагрузка увеличивается со старением батарей, что в свою очередь связано со снижением технического состояния огнеупорной кладки и низкими темпами их восстановления и обновления, за счет роста затрат на ремонты.

Высокий уровень газообразных вредных выбросов из коксовых батарей связан с образующимися неплотностями в стыковочных узлах

элементов конструкций, а также с образованием в массиве огнеупорной кладки сквозных дефектов.

Первая негативная ситуация проявляется сразу после загрузки коксовой камеры шихтой. Существуют технические средства и мероприятия, которые позволяют не допустить либо устранить подобные разгерметизации.

Второй негативной ситуации избежать очень сложно, т.к. в процессе эксплуатации кладка подвергается циклическим разрушительным воздействиям, в результате чего неизбежно возникают дефекты от циклических колебаний температур, влажности рабочей среды, механических нагрузок (от движения коксовых машин, от давления коксования; от загрузки печей и выдачи кокса).

Образование дефектов наблюдается уже на стадии разогрева печи. На этом этапе проявляются дефекты, связанные с некачественно изготовленными огнеупорными материалами, неточностями при монтаже и повреждении огнеупоров. В дальнейшем идет процесс их увеличения. После ввода батареи в эксплуатацию наблюдается постепенное выкрашивание мертеля, в основном, начиная с зоны заплечиков и распространяясь на головочную часть простенка, что приводит к образованию трещин и прогаров. Если трещины вовремя не восстанавливаются при помощи горячих ремонтов, то появляются сколы, а затем и раковины. Появление, таким образом, ослабленных участков кладки приводит к образованию сквозных дефектов, нарушению герметичности и отказу простенка.

Для характеристики степени опасности выбросов коксового газа приведем средний состав прямого и обратного коксового газа (табл.1,2) [3,4], а также характеристики наиболее опасных компонентов (табл.3) [5].

Таблица 1 - Состав коксового газа

	Состав газа,% (объемн.)						
	H ₂	O ₂	CH ₄	N ₂	CO	CO ₂	C _m H _n
Диапазон состава	55-61	0,3-0,7	24,5-26,9	2,6-4,9	5,7-8,0	1,6-3,0	2,0-3,05

Таблица 2 - Состав обратного коксового газа

Компонент	Диапазон состава,% (объемн.)
Водород	54,3-60,4
Метан	23,7-27
Непредельные углеводороды	1,9-3,8
Оксид углерода	5,5-7,77
Азот	2,9-5,5
Диоксид углерода	2,05-3,5
Кислород	1,06-1,0

Таблица 3 - Наиболее опасные компоненты коксового газа и их влияние на человека

Компонент	Токсическая характеристика			Общий характер действия
	ПДК, мг/м ³ , в воздухе			
	Рабочая зона	Населенные места		
		максим. разовая	средне-суточная	
Водород цианистый	0,3	-	-	Тканевое дыхание угнетается почти полностью и в первую очередь в клетках нервной системы.
Сероуглерод	1,0	0,03	0,05	Высокие концентрации действуют наркотически.
Сероводород	10,0	0,008	-	Сильный нервный яд, вызывающий смерть от остановки дыхания.

Для оценки количества газа, выброшенного через сквозной дефект используем формулу Сен-Венана для расчета утечки газа через отверстие:

$$Q = S \cdot \phi \cdot \sqrt{2 \cdot \kappa \cdot \rho_1 \cdot P_2 / (\kappa - 1) \cdot (P_1 / P_2)^{1/\kappa} \cdot \sqrt{1 - (P_1 / P_2)^{1/\kappa}}}$$

где Q – количество газа, вытекающего через сквозной дефект кладки, кг; S – площадь сквозного дефекта, м²; τ – время истечения газа, с; κ – показатель политропы коксового газа; P_1 – плотность газа в коксовой камере кг/м³; P_2 – давление коксового газа в камере, Па; P_1 – давление вне камеры, Па.

Необходимое значение давлений в отопительной системе коксовых печей рассчитывают на основе формулы Бернулли[6]:

$$P_1 + \frac{\rho \cdot \omega_1^2}{2} + H_1 \cdot \gamma = P_2 + \frac{\rho \cdot \omega_2^2}{2} + H_2 \cdot \gamma + \sum \Delta P,$$

где P_1 и P_2 – статистические давления в первом и втором сечениях вдоль потока, Па; ω_1 и ω_2 – средние скорости потока в тех же сечениях, м/с; H_1 и H_2 – геометрические высоты центра сечения потока, $\sum \Delta P$ – потери напора от местных сопротивлений между первым и вторым сечением, Па.

Ранее были проведены исследования процессов накопления дефектов в кладке обогревательных простенков коксовых печей[1]. Приведем некоторые статистические данные, характеризующие изменение технического состояния огнеупорной кладки простенков: сквозные

трещины образуются при достижении величины раскрытия кромок трещин 30 мм и достигают высоты до 3000 мм; в районе раковины площадью 2500 см² и глубиной более 60 мм возрастает вероятность образования провала в кладке до значений более 0,6; образование сквозного дефекта происходит при достижении размеров сколов 50x50мм глубиной 60 мм.

По статистическим данным примерная оценка количества выбросов через сквозные дефекты для максимального значения сквозных дефектов, составляет в сумме около 8 кг/т кокса [7].

Полученные результаты говорят об острой необходимости применения существующих мер повышения и обеспечения газоплотности массива кладки, их усовершенствовании и поиска новых. В качестве основных таких направлений можно выделить: усовершенствование конструкции отопительного простенка, использование износостойких материалов и покрытий для массива огнеупорной кладки, использование современных средств диагностики и мониторинга технического состояния, оптимизация проведения ремонтно-восстановительных работ.

Список литературы:

1. Парфенюк А.С., Костина Е.Д., Третьяков П.В., Алексеева О.Е. Сравнительный анализ экологических особенностей коксовых батарей различных конструкций / «Экологические проблемы индустриальных мегаполисов». Материалы международной научно-практической конференции-выставки. Донецк, 2010.-С. 218-219.
2. Третьяков П.В., Парфенюк А.С., Алексеев О.Е., Власов Г.А., Кауфман С.И. Предотвращение развития трещин в простенках коксовых печей – важный фактор экологической безопасности на коксохимическом предприятии // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Хімія хімічна технологія, 2009.- Випуск 12(144) – С 139-144.
3. Лейбович Р.Е., Яковлева Е.И., Филатов А.Б. Технология коксохимического производства. Москва, 1982.- С.146-149,183-184.
4. Под общ. ред. д-ра техн. наук Ковалева Е.Т. Справочник коксохимика. Том 3: Улавливание и переработка химических продуктов коксования. Харьков, 2009.-С.13.
5. Справочник спасателя. Книга 6. Спасательные работы по ликвидации последствий химического заражения. Москва,2006.-С. 8-10.
6. Иванов Е.Б., Мучник Д.А. Технология производства кокса. Киев,1976.- С.162-164.
7. Трет'яков П.В. Підвищення довговічності кладки коксових печей на основі регламентації ремонтно-профілактичних робіт. Автореферат. Київ, 20

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СУШКИ ДИСКРЕТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Топоров А.А., Воропаева А.И.

Донецкий национальный технический университет

Общеизвестно[1], что сушка довольно довольно распространенный технологический процесс, без которого не обходится практически ни одно производство. Сушкаиспользуется для различных продуктов, сходным по своим структурно механическим свойствам, но различающихся химическимсоставом, содержанием влаги, ее связью с материалом, допустимой температурой нагрева и временем сушки. Такие аппараты предназначены для сушки сыпучих, мелкокусковых и зернистых материалов, флотационного концентрата и шлама топочными газами или подогретым воздухом[2]. Поэтому выбор сушильного аппарата в каждом конкретном случае определяется расчетом.

Для сушки применяют различные конструкции сушильных агрегатов, к которым относятся: трубы-сушилки, грохоты-сушилки, турбинные сушилки, конвейерные, пневматические, лотковые, барабанные вращающиеся, сушилки с кипящим слоем. По эффективности действия особое место занимают барабанные сушилки [1].

Барабанные сушилки бывают непрерывного или периодического действия. В основном применяются аппараты непрерывного действия.

Конструктивно [2] все барабанные сушилки (рисунки 1,2,3) представляют собой цилиндрический сварной корпус, установленный на двух роликовых опорах с наклоном до 40° в сторону непрерывной выгрузки материала. Вращение корпуса сушилки передается от мотора к барабану через шестеренную пару, состоящую из венцовой шестерни, закрепленной на барабане, и малой шестерни, связанной с редуктором. В легких установках применяют цепные или фрикционные передачи. По обоим концам барабана устанавливают камеры для загрузки и выгрузки материала, а также подвода и отвода газа. Диаметр барабана 1,2-2,8 м, в редких случаях доходит до 4-5 м. Отношение длины к диаметру принимают 3,5-8; для цементных печей оно может достигать 45. Барабанные аппараты нормализованы по ГОСТ 11875-79. Внутри корпуса устанавливаются насадки с целью увеличения поверхности межфазного контакта. В качестве основных насадок применяют секторную и лопасную. Различают барабаны без рубашек, с рубашками и барабаны, футерованные изнутри огнеупорным кирпичом. На корпусе барабана

крепят бандажы, которые передают нагрузку от веса барабана на ролики опорных станций, на одной из которых устанавливают упорные ролики, не допускающие осевого перемещения барабана.

Рассмотрим основные конструкции барабанных сушилок[2].

Барабанные вращающиеся атмосферные сушилки типа БН[рис.1]. Первые две буквы – барабанная вращающаяся с насадкой. Предназначены для сушки взрыво- и пожаробезопасных нетоксичных сыпучих продуктов топочными газами или горячим воздухом в производствах химической или других отраслей промышленности.

Сушилки типа БН(рис.1)диаметром 500-2200мм. Эксплуатация допускается при температуре стенки корпуса барабана от -20 до +4000С. Могут быть изготовлены также противоточные сушилки диаметрами от 1000 до 2200мм. Приводы аппаратов комплектуются редукторами, трехскоростными электродвигателями и пусковой аппаратурой на напряжении 220/380В.

Сушилки типа БН диаметром 2500-3500мм. Относятся к крупногабаритному оборудованию. Приводы аппаратов комплектуются четырехскоростными электродвигателями на напряжении 380В, редуктором и пусковой аппаратурой.

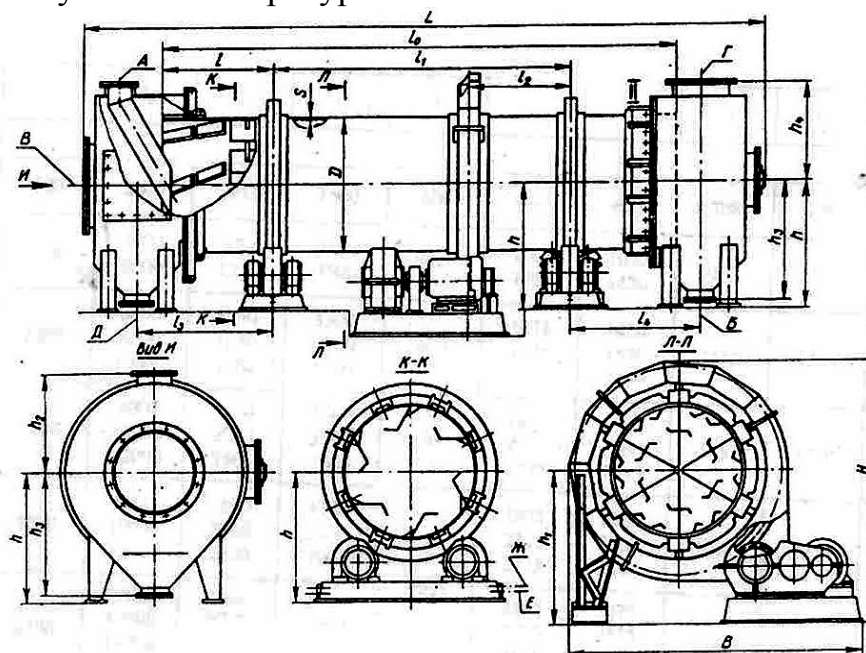


Рисунок 1—Барабанная вращающаяся сушилка типа БГ

Барабанные вращающиеся атмосферные сушилки типа БГ.(рис.2) Барабанные сушилки – грануляторы–предназначены для сушки суспензий (пульпы) с получением готового продукта в виде гранул. Размер гранул в пределах 2-10мм определяется свойствами продукта и режимом работы аппарата.

воздействиям) продуктов в производствах ядохимикатов, гербицидов, полимерных материалов и красителей.

Сушилки РВ – периодического действия.

Различают следующие сушилки:

– для сушки под вакуумом взрыво- и пожароопасных и токсичных продуктов в малотоннажных производствах и при экспериментальных работах.

– для сушки различных жидких, сыпучих и пастообразных термолабильных продуктов.

– для сушки различных жидких, сыпучих и пастообразных материалов. Корпус и ротор сушилки изготавливаются из сплавов титана. Рабочая среда в сушилке – вредная, взрывоопасная, воспламеняющаяся; в рубашках корпуса и в роторе – нейтральная (пар).

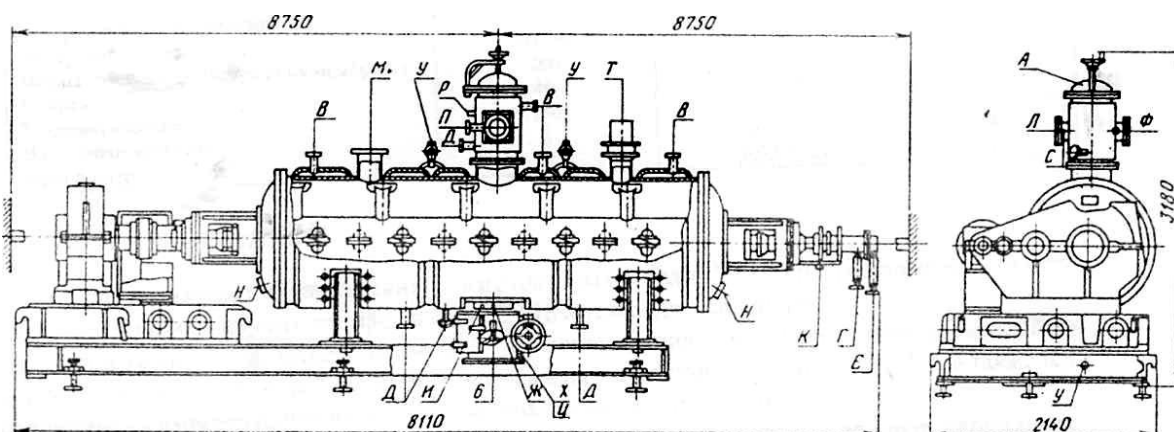


Рисунок 3 - Роторные вакуумная сушилка типа РВ

Сушилка (биконическая). Предназначена для удаления воды и органических растворителей методом сушки из сыпучих взрыво- и пожароопасных продуктов химической, микробиологической, фармацевтической и других отраслей промышленности. Исполнение – взрывозащищенное. Сушилка может быть применена только для тех продуктов, которые не образуют плотной корки на поверхности корпуса. Конструкция обеспечивает интенсивное смешивание материала и практически полное удаление продукта при выгрузке.

Барabanная сушилка активаторно-вихревого типа АС.

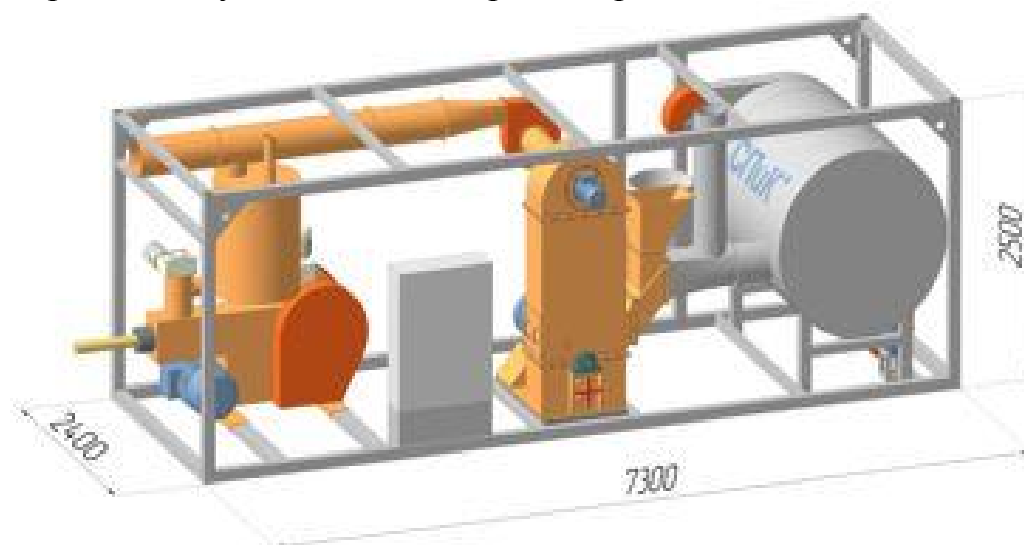


Рисунок 4 - Сушилка активаторно-вихревого типа АС

Энергоэффективный агрегат [3] для одновременной сушки и измельчения либо сверхтонкого измельчения сыпучих дисперсных материалов активаторно-вихревого типа с организованными множественными встречно соударяющимися потоками.

Общетеchnическое описание.

Конструктивно АС (рис.4) представляет собой стальной цилиндр (АС-1 и АС-2) либо параллелепипед (АС-3 и АС-4), внутри которого расположен высокоскоростной активатор и специальные направляющие. Движение сырья внутри агрегата организовано таким образом, что частицы обрабатываемого материала испытывают удары активатора и множественные взаимные встречные соударения. Эти многократно повторяющиеся соударения и взаимное трение приводят к измельчению и одновременному нагреву сырья, что, в конечном счете, приводит еще и к его высушиванию. Для удерживания сырья в рабочей камере до момента достижения необходимой влажности или размера частиц служит специально разработанная система динамической классификации сырья. Отделение системы от внешней среды осуществлено двумя шлюзовыми затворами. Производительность зависит от влажности и размера частиц сырья на входе, необходимой конечной влажности и степени измельчения материала. При подаче в агрегат горячего воздуха производительность увеличивается. Номинальная расчетная производительность четырех модификаций - от 0,5 до 3 т/час. Такие сушилки требуют организации предварительного сепарирования сырья.

Преимущества:

– высокая энергетическая эффективность и, как следствие – экономичность. При производительности около 1 т/час (по сушке-

измельчению древесной щепы) мощность главного двигателя - 75 кВт, суммарная мощность остальных 3 двигателей – 29 кВт. Реальная потребляемая мощность - около 70 кВт

– компактность (АС производительностью 1 т/час без ТГ занимает всего 6 м²) и, как следствие, – намного меньшие расходы на здания, фундаменты, транспортные расходы и т.п.

– возможность точного регулирования конечного размера частиц измельчаемого материала и их влажности.

– возможность изготовления мобильного (контейнерного) варианта установки

Используется для:

– сушка и измельчение биомассы в производстве твердого биотоплива (топливных гранул и брикетов), древесно-полимерных композитов (ДПК, “древопласт”), для сверхтонкого размола древесины и других растительных материалов, поризованного кирпича, жидкого биотоплива, химически чистых растворителей.

– приготовление из практически любой биомассы (отходов древесины, лигнина, торфа, сельскохозяйственных отходов, в т.ч. навоза) сухой мелкодисперсной муки для дальнейшего высокоэффективного сжигания в пылевых горелках котельных, электростанций и ТЭЦ.

– сушка и сверхтонкое измельчение трав и другого растительного сырья в фармацевтике.

Цель – повышение экономичности и улучшения качества сушки.

Установка для сушки мелкозернистых материалов, отличается тем, что, с целью повышения экономичности и улучшения качества сушки, в загрузочном бункере и теплообменнике установлены утилизаторы тепла, подключенные к кожухотрубному рекуперативному теплообменнику на выходе из его межтрубного пространства.

Цель изобретения - повышение качества сушки путем предотвращения деформации гранул.

Указанная цель достигается тем, что в сушилке, содержащей сушильную камеру с транспортером внутри и загрузочное устройство, состоящее из питателя и установленного поперек транспортера распределителя, последний выполнен в виде наклонно расположенного к плоскости транспортера вращающегося барабана с винтовой прорезью и установленного под ним трапецеидального направляющего элемента с шириной, не меньшей расстояния между проекциями крайних точек винтовой прорези барабана.

Цель – повышение качества сушки.

Возможность обработки высушиваемого материала различными (по температурному уровню) теплоносителями позволяет производить весьма тонкую регулировку режима сушки в зависимости от свойств самого

материала. Наличие перегородок исключает попадание холодного теплоносителя в "горячую" зону и наоборот. С помощью индивидуальных патрубков с заслонками создается возможность, по мере сушки, регулировать скорость и влажностное состояние отработанного теплоносителя. Важное значение имеет наиболее полное, по сравнению с известным способом, использование поверхности ворошителя. Материал подвергается обработке благодаря пустотелым лопастям с перфорированной поверхностью весь период нахождения его на ворошителе. Подача дополнительного теплоносителя непосредственно в ворошитель исключает затраты энергии на преодоление сопротивления перфорированной ленты конвейера. Все это способствует интенсификации процесса при повышенных технико-экономических показателях и улучшает качество сушки.

Цель – повышение качества сушки путем интенсификации перемешивания высушиваемого материала.

С целью повышения качества сушки путем интенсификации перемешивания материала, устройство аэродинамического торможения выполнено в виде коробов, примыкающих к подсушивателю с противоположных сторон, смещенных по высоте и сообщенных при помощи трубопроводов и пульсатора с общим источником теплоносителя, а трубопроводы имеют ответвления с обратными клапанами, подключенные к подрешеточному пространству камеры.

Целью изобретения является интенсификация процесса сушки.

Поставленная цель достигается тем, что в сушке, содержащих два спиральных канала, разделенных общей перегородкой, один из которых, предназначенный для транспорта газозвеси, подключен на периферийном витке к загрузочному, а на центральном – к разгрузочному устройствам, перегородка между каналами установлена под углом $15-45^{\circ}$ к вертикали, канал, предназначенный для транспорта газозвеси, имеет в сечении форму трапеции, большее основание которой обращено вверх, а другой канал – форму треугольника, основание которого обращено вниз.

Целью изобретения является интенсификация процесса сушки путем обеспечения равномерного скоростного и температурно-влажностного полей в канале и снижение энергозатрат.³⁴

Указанная цель достигается тем, что в сушилке, содержащей камеру с транспортером для перемещения высушиваемого материала и расположившую над транспортером профилированную перегородку, образующую канал для теплоносителя и состоящую из набора пластин с острой кромкой в месте соединения, каждая из которых имеет прямой участок, сопряженный с дугой окружности, пластины установлены острой кромкой навстречу потоку теплоносителя и расположены с шагом, равным $1,5-5R$, где R - радиус дуги окружности, равный $0,8-1,3$ высоты пластин, а

между транспортером и перегородкой на входе в канал дополнительно размещены поворотные лопасти. За счет срыва вихрей с пластин, обеспечивающих высокую интенсивность и мелкомасштабную структуру турбулентности, происходит интенсификация теплообмена вблизи поверхности полотна.

Список литературы:

1. Ткачев В.С., Остапенко М.А. Оборудование коксохимических заводов. – М.: Металлургия.– 1983. - 360с.
2. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. В двух томах. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. - Т.2. - 917с.
3. www.ecology-energy.ru/Innovations/As/as.htm/

УДК 622.7

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

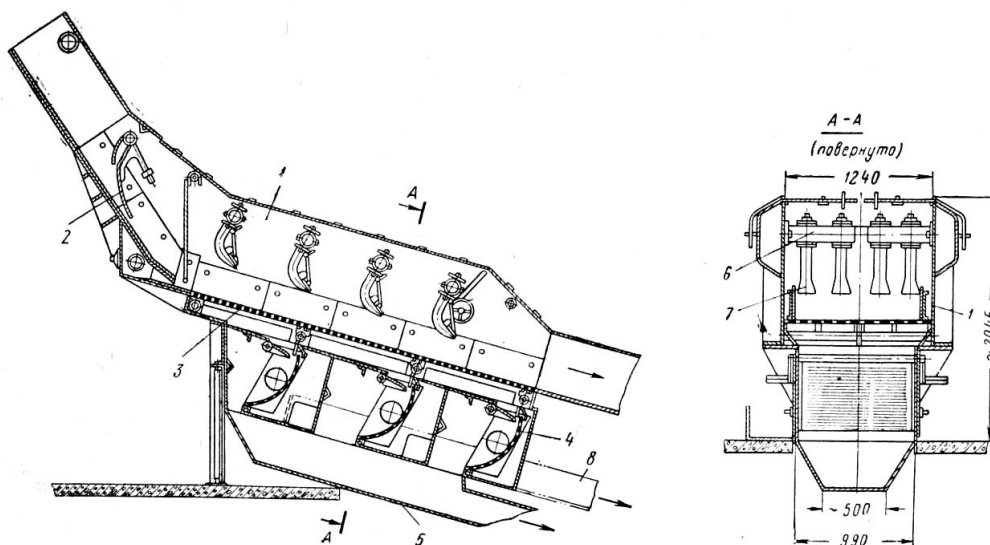
Топоров А.А., Андреева Д.Ю.

Донецкий национальный технический университет

В статье рассмотрены существующие конструкции грохотов для разделения и обезвоживания дискретных материалов, предложены пути улучшения показателей спиральных вибрационных грохотов, а также сделан анализ условий работы оборудования и выделены проблемы, требующие поиска решений.

Одной из важных технологических операций при переработке сыпучих материалов является их разделение по крупности. Процесс разделения сыпучего материала по крупности на просеивающих поверхностях (ситах, решетках) называется грохочением [1]. Грохочение также применяется с целью обезвоживания и обесшламливания продуктов мокрого грохочения [2]. Машины и устройства для грохочения называют грохотами. В зависимости от вида грохочения, влажности угля и других факторов производят выбор грохота. Все грохоты по принципу действия классифицируют на три типа: инерционные наклонные, самобалансные, резонансные. Кроме этого на углеобогатительных фабриках эксплуатируют неподвижные колосниковые грохоты, гидрогрохоты и цилиндрические грохоты [1].

Гидрогрохоты для мокрого предварительного грохочения (рис. 1) состоят из короба 1, разравнивателя 2, неподвижного колосникового (наборного) решета 3, трёх дуговых сит 4 с поддоном 5, труб 6 с консольными соплами 7. Исходное питание поступает по желобу в загрузочную часть гидрогрохота, где уголь предварительно смачивается и разрыхляется. Разравниватель 2 обеспечивает равномерное распределение потока воды и угля по ширине решета. Материал по решету 3 транспортируется под действием струй воды, выходящих под давлением из сопел 7. Подрешётный продукт вместе с водой проходит через отверстия решета 3 и поступает на три дуговых сита 4. Подрешётная вода дуговых сит удаляется по желобу 8, а надрешётный продукт – по поддону 5. Конструкция консольных сопел даёт возможность изменять в широких пределах гидравлический режим работы гидрогрохота путём смещения сопел и регулирования расхода воды [1]. Преимущества гидрогрохотов: большая удельная производительность (до 150-200 т/ч·м²); более высокий КПД (до 95%) по сравнению с грохотами для сухой классификации; простота конструкции и отсутствие динамических нагрузок на фундамент [2].

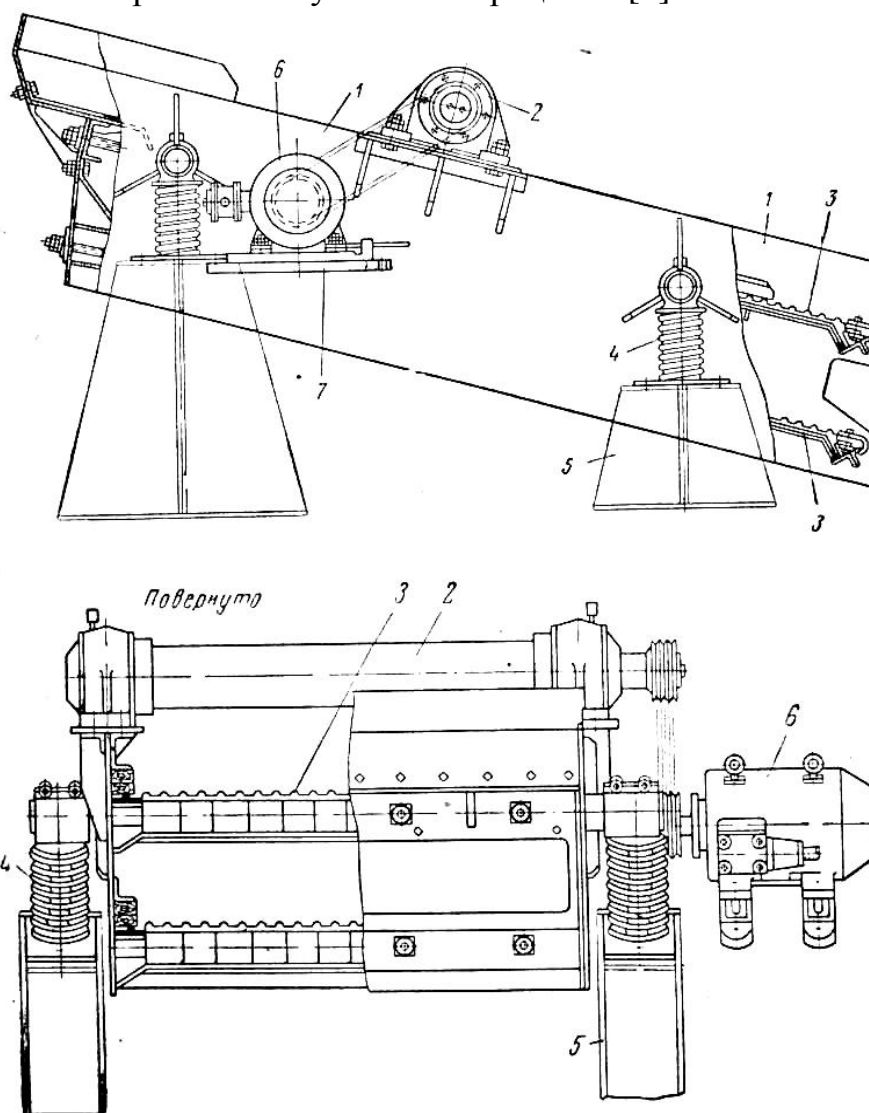


1 – короб; 2 – разравниватель; 3 – колосниковое решето; 4 – дуговые сита; 5 – поддон; 6 – трубы; 7 – консольные сопла; 8 – желоб

Рисунок 1 – Гидрогрохот

Инерционные грохоты с дебалансным вибратором выпускаются лёгкого и тяжёлого типов. Грохот инерционный лёгкого типа ГИЛ (рис.2), монтируемый на пружинных опорах или подвесках, состоит из наклонного короба 1 с ситами 3, вибратора 2, спиральных пружин 4, опор 5 и привода. Короб представляет собой сварную металлоконструкцию, состоящую из двух боковин, которые соединены между собой двумя рядами труб и

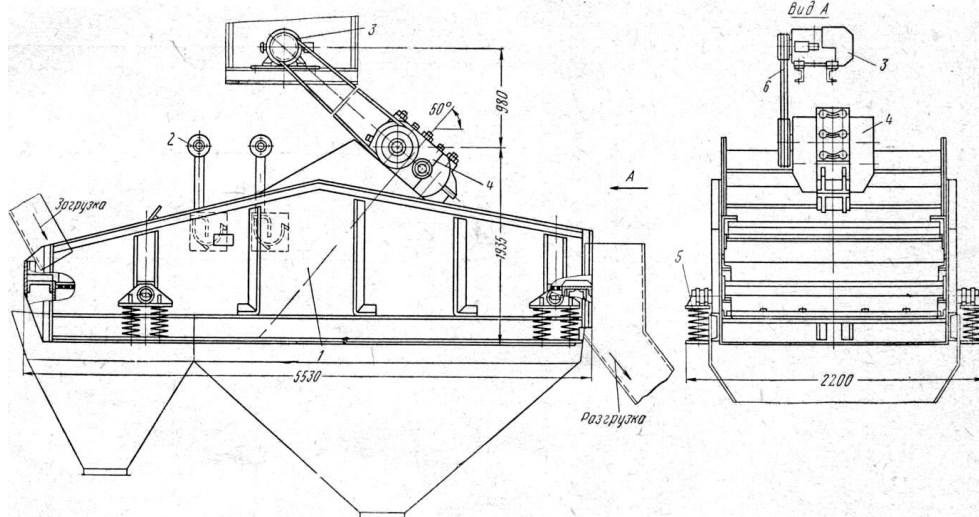
задней стенкой. Сита уложены на трубах. Их крепят с двух сторон захватами и натягивают вдоль короба болтами. Для лучшего натяжения сит трубы в коробе уложены так, что образуют выпуклую опорную поверхность. К внешним сторонам боковин укреплены опорные цапфы для пружин или подвесок [1]. Исходное питание по желобу подаётся на верхнее сито, где под действием силы тяжести и колебаний короба подрешётный продукт проходит через отверстия сита, а надрешётный удаляется с грохота. Преимущества: простота конструкции; лёгкое регулирование режима работы; надёжность в эксплуатации и высокий КПД. Недостатки: малая площадь сит и небольшая производительность. Грохоты такого типа применяют для подготовительного, вспомогательного и окончательного грохочения углей и антрацитов [1].



1 – короб; 2 – вибратор; 3 – сита; 4 – пружины; 5 – опоры; 6 – электродвигатель; 7 – салазки

Рисунок 2 – Инерционный грохот

Самобалансные грохоты легкого типа и монтируют на пружинных опорах или подвесках. Грохот (рис. 3) состоит из короба 1 с ситами, пружинных опор 5 (или подвесок), самобалансного вибратора 4, привода, состоящего из электродвигателя 3 и клиноременной передачи 6. Короб грохота клепано-сварной конструкции состоит из двух боковин, связанных балками из швеллеров. Нижние поперечные связи короба служат опорой для щелевидного сита. Щелевидное сито состоит из десяти отдельных секций. Крепление секций осуществляют деревянными клиньями (рис. 37) и болтами. Верхнее сито является разгрузочным и состоит из десяти секций, которые крепят также деревянными клиньями. Наверху короба в средней части расположена мощная связь-балка, на которой крепится болтами вибратор. Угол наклона короба к горизонту от 0 до 8°. На четырех цапфах, прикрепленных к боковинам, короб устанавливают на пружинные опоры или подвески. Брызгальное устройство 2 выполнено из труб — одной горизонтальной и трех вертикальных, по которым вода поступает в брызгало, предназначенное для равномерного ополаскивания материала на сите [1].



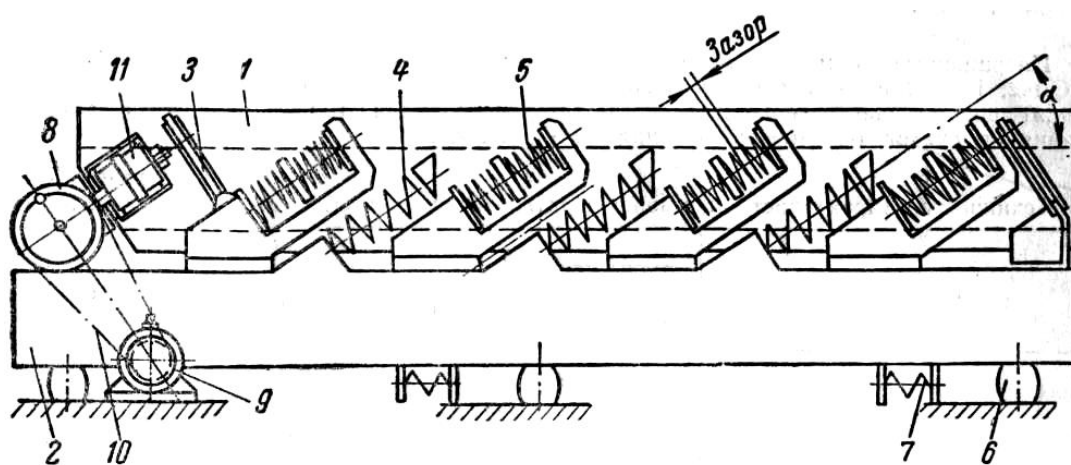
1 – короб; 2 – брызгальное устройство; 3 – электродвигатель; 4 – самобалансный вибратор; 5 – опоры

Рисунок 3 – Грохот самобалансный

Самобалансный вибратор грохота состоит из литого корпуса, в котором на четырех подшипниках установлены два вала с дебалансами 1. Валы связаны между собой зубчатой передачей 2Г благодаря которой вращение валов с дебалансами происходит синхронно навстречу друг другу. При вращении дебалансов короб 3 получает прямолинейные колебания под углом 50° к ситам, что и обеспечивает транспортирование материала. Исходное питание вместе с водой (пульпа) подается на сито, на котором задерживаются частицы крупнее отверстий сита. Под действием

силы тяжести и колебаний короба вода проходит через отверстия сита вместе с тонким материалом, а надрешетный продукт транспортируется к разгрузочному концу. Преимущества самобалансных грохотов: простота и надежность конструкции, высокая эффективность обезвоживания, так как сита расположены горизонтально. Грохоты самобалансные предназначены для обезвоживания крупного и мелкого угля, а также для обесшламливания и отмывки магнетита от продуктов обогащения [1].

Резонансные грохоты пригодны для всех видов классификации, обезвоживания крупного и мелкого концентрата и шлама. Грохоты этого типа имеют высокую производительность, требуют небольшого расхода электроэнергии и при высококачественном изготовлении и правильном монтаже надежны в работе и не передают вибраций на конструкции зданий. Принципиальная схема резонансного грохота показана на рис. 4. Грохот представляет собой колебательную систему, состоящую из двух масс (короб 1 с ситами и подвижной рамы 2), соединенных между собой системой упругих связей. Короб связан с рамой плоскими рессорами 3 и пружинными опорами 4. Буфера 5 укреплены на коробе и раме, установленной на амортизаторах 6. При слегка наклонном расположении грохота применяют поддерживающие пружины 7. Кривошипно-шатунный привод 8 установлен на раме с загрузочной стороны грохота [2].



1 – короб; 2 – рама; 3 – рессоры; 4 – опоры; 5 – буфера; 6 – амортизаторы; 7 – пружины; 8 – кривошипно-шатунный привод; 9 – электродвигатель; 10 – клиноременная передача; 11 – резиновые элементы

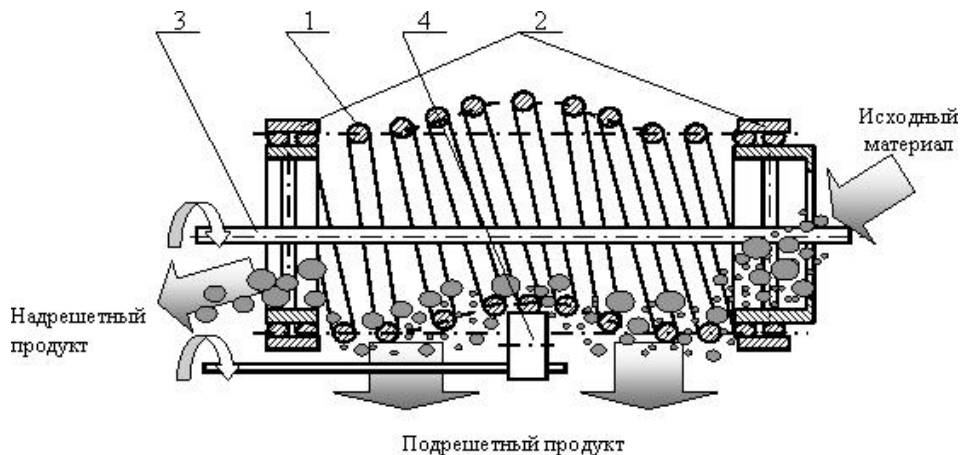
Рисунок 4 – Принципиальная схема резонансного грохота

Вал приводится во вращение от электродвигателя 9 через клиноременную передачу 10. Шатун привода резиновыми элементами 11 упруго соединен с коробом, в результате чего привод не нагружается

большими инерционными силами движущихся масс. Резиновые буфера 5 установлены с зазором. Это определяет нелинейный характер упругих связей и обеспечивает стабильность режима работы грохота под нагрузкой. Плоские рессоры 3 обеспечивают направленность прямолинейных колебаний короба и рамы под углом к плоскости сита. При вращении вала привода происходит деформация приводных упругих связей по закону, близкому к гармоническому. Периодически изменяющаяся сила упругости резиновых элементов вызывает вынужденные колебания короба и рамы. Частота вынужденных колебаний системы близка к резонансной.

Сила инерции движущихся масс погашается возвратно-поступательными колебаниями короба и рамы в противоположных направлениях. Рама грохота состоит из нескольких частей, соединенных болтами. Для утяжеления рама заполняется бетоном. Ее масса в 2,5—3 раза больше массы короба, а амплитуда колебаний меньше. Упругие элементы привода и подрамные амортизаторы представляют собой резиновые цилиндры с центральным отверстием. Резиновые буфера вулканизируются совместно со стальными дисками, расположенными в торце. Короб грохота (клепаной конструкции) имеет боковые и поперечные связи, на которых закрепляют сита. Плоские рессоры укомплектованы из листов древеснослоистого пластика [2].

Для исследования процесса грохочения сыпучего материала в упругой спирали [4] был разработан спиральный вибрационный грохот (СВГ) (рис.5).



1 – спираль; 2 – стойки; 3 – приводной вал; 4 – опорные кулачки

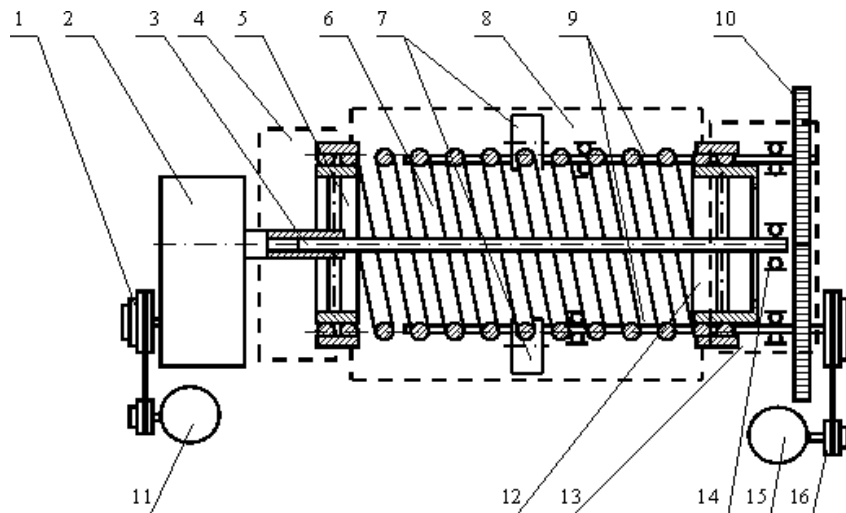
Рисунок 5 – Схема просеивания материала на спиральном виброгрохоте

СВГ представляет собой [4] совмещение конструкций барабанного и вибрационного грохотов. В качестве просеивающей поверхности в спиральном грохоте используется барабан представляющий собой цилиндрическую упругую спираль 1 с одинаковым шагом витков, навитую из проволоки одного диаметра. Упругая спираль закреплена в двух

цилиндрических стойках 2 жестко соединенных с приводным валом 3. Под упругой спиралью установлены опорные кулачки 4 имеющие определенный эксцентриситет и отдельный (возможен совмещенный) от приводного вала барабана привод. Опорные кулачки являются дополнительным вибрационным приводом.

Как известно [4], сущность процесса грохочения заключается в том, что материал на сите грохота просеивается в две стадии, протекающие одновременно и непрерывно. На первой стадии мелкие зерна проходят сквозь толщу материала к поверхности просеивания, а на второй – через отверстия сита. Эффективность грохочения может быть повышена за счет интенсификации одной или обеих стадий процесса. Именно для этого служит дополнительный вибропривод.

Схема установки [4] показана на рис.6.



1,16 – ременная передача; 2 – редуктор; 3 – приводной вал упругой спирали; 4 – отводной лоток верхней фракции; 5 – неподвижная стойка упругой спирали; 6 – упругая спираль; 7 – приводные кулачки; 8 – отводной лоток нижней фракции; 9 – приводные валы кулачков; 10 – синхронизатор кулачков; 11, 15 – электродвигатель; 12 – подвижная стойка упругой спирали; 13 – загрузочное приспособление; 14 – опора подвижной стойки

Рисунок 6 – Схема экспериментальной установки спирального вибрационного грохота

Установка работает следующим образом. Исходный материал подается в загрузочное приспособление 13 и через отверстие в неподвижной стойке 12 попадает на внутреннюю поверхность упругой спирали 6. Упругая спираль 6 приводится во вращательное движение через подвижную опору 5 и жесткую опору 12, которые, в свою очередь,

соединены с приводным валом 3, причем стойка 5 может перемещаться относительно наружной поверхности тихоходного вала редуктора 2 с помощью шлицевого соединения. У опоры 5 имеется возможность фиксации в каком либо заданном положении. Относительное перемещение стойки 5 необходимо для регулировки зазора между витками упругой спирали 6. Приводной вал 3 получает вращение от редуктора 2, приводимого, в свою очередь, от электродвигателя 11 через ременную передачу 1 со сменным набором шкивов, позволяющим ступенчато регулировать число оборотов упругой спирали. Исходный сыпучий материал, пройдя по упругой спирали, делится на две фракции, уходящие в отводные лотки 4 и 8. Лоток 8 снабжен электромагнитным вибратором с целью быстрого отвода нижней фракции от грохота. Колебательное движение упругой спирали обеспечивается сменным набором приводных кулачков 7, различного диаметра, что позволяет регулировать верхнюю амплитуду колебаний упругой спирали.

Кулачки 7 установлены на приводных валах 9 с возможностью регулировки по длине вала, что позволяет менять местоположение возбуждения колебаний по длине упругой спирали [4]. При работе грохота кулачки фиксируются. Валы кулачков 9 приводятся от электродвигателя 15 через синхронизатор 10 (зубчатая передача) и ременную передачу 16, со сменным набором шкивов различного диаметра, что позволяет регулировать число оборотов кулачков, а, следовательно, и частоту колебаний упругой спирали. Регулирование угла наклона грохота производится регулировкой наклона всей рамы экспериментальной установки.

Следующей особенностью СВГ [4] является использование процесса грохочения со сложным возбуждением сыпучего материала. Амплитуда и частота колебания грохотов являются важными параметрами, оказывающими существенное влияние на процесс грохочения, но не единственным. При движении частиц по поверхности сита, на нее действует сила тяжести, нормальная реакция опорной поверхности, сила трения, центробежная сила инерции, сила давления верхних частиц и др. При подаче на грохот большего количества материала, сила давления верхнего слоя массы материала на частицу возрастает, тем самым, затрудняя перемещение частицы до поверхности просеивания. Для рассеивания загруженной части сита приходится увеличивать время колебаний и длину сита, что уменьшает производительность работы грохота. Ускорить процесс распределения материала по просеивающей поверхности можно механическим воздействием на массив материала. Тем самым, воздействуя на частицу дополнительной силой, что приводит к созданию сложного возбуждения сыпучего материала, дополнительного разрыхления слоя материала (особенно для сыпучего материала с

повышенной влажностью или содержанием глинистых примесей) и более рациональному распределению материала по поверхности грохочения. При этом конструктивных решений, которые обеспечивают дополнительное воздействие на сыпучий материал, может быть достаточно много.

Рассмотрим решения [4], предложенные и запатентованные авторами.

Повышение эффективности процесса грохочения спирального вибрационного грохота с помощью гибкого вращающегося элемента (рис 7). В спиральном барабане слой сыпучего материала дополнительно разрыхляется гибким элементом. Элемент совершает вращательное движение вокруг оси спирального барабана. Совершив полный оборот в сторону противоположную вращению спирального барабана, а следовательно и движению частиц материала, элемент проходит под массивом материала, тем самым дополнительно разрыхляя его. Гибкий элемент также совершает вращательное движение вокруг своей оси с помощью планетарной передачи, что способствует более легкому прохождению элемента сквозь слой материала. Сложное возбуждение материала приводит к более рациональному распределению материала по поверхности просеивания, а также перемешиванию частиц разных фракций, что в свою очередь повышает производительность процесса грохочения.

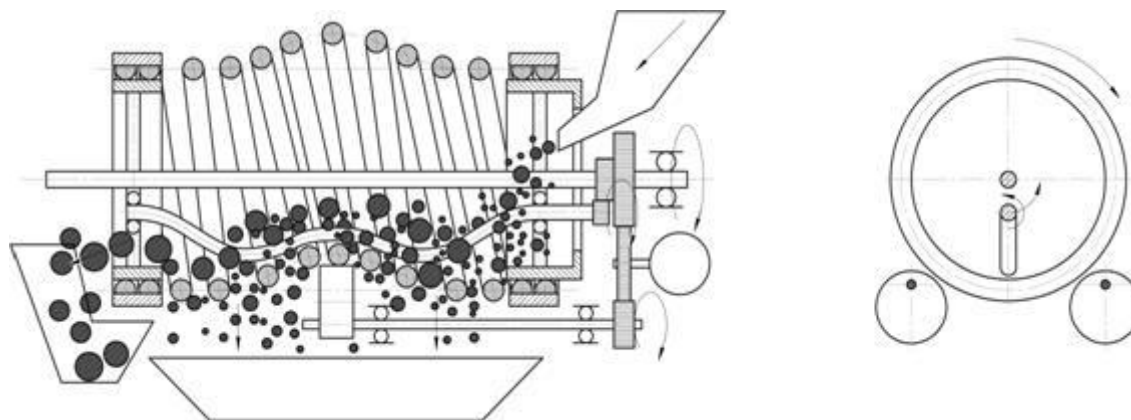


Рисунок 7 – Спиральный вибрационный грохот с гибким вращающимся элементом

Рассмотрим еще один из вариантов [4]. Повышение эффективности процесса грохочения спирального вибрационного грохота с помощью упругих стержней смонтированных концами на валу спирального барабана по окружности под углом 120 градусов (рис 8). Упругие стержни условно делят поверхность просеивания на три участка по длине спирального барабана. На каждом участке слой материала поочередно перемешивается упругими стержнями, по ходу вращения спирального барабана и движения

частиц материала. Что также приводит к более рациональному распределению материала по поверхности просеивания, и повышает производительность процесса грохочения.

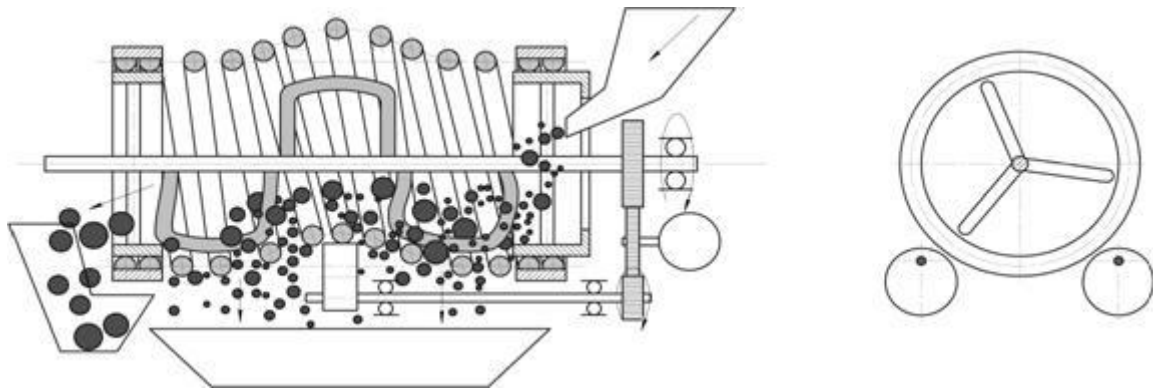


Рисунок 8 – Спиральный вибрационный грохот с упругими стержнями, смонтированными концами на валу спирального барабана

Данные конструкции [4] обеспечивают решение вышеуказанных задач по совершенствованию спиральных вибрационных грохотов. При этом затраты на модернизацию сводятся к минимуму. Экспериментальное исследование проводится на опытном образце спирального вибрационного грохота. Теоретическое исследование находится в стадии завершения.

Каменный уголь хоть и является относительно мягким материалом, но во время производственного процесса, особенно при высокой производительности (800-900 т/ч), протекают механические процессы транспортирования, перегрузки углей, в результате чего происходит износ оборудования. В конечных (товарных) продуктах обогащения содержание влаги должно быть доведено до норм [3]. Обезвоживание крупного концентрата на грохотах предполагает помимо механических вибрационных процессов, лежащих в основе грохочения и приводящих к быстрому изнашиванию сит, также работу в условиях повышенной влажности и возможное загрязнение оборудования (залипание шлама). Получается, что работа в жидкой среде приводит к возникновению коррозии металла, а следовательно к ускорению износа. Помимо углерода в состав углей входят и другие вещества. Во время мокрого способа обогащения эти вещества вступают в реакцию с водой. Результатом является образование токсичных веществ, вредных не только оборудованию, но и человеку, а также природе, так как загрязняется вода и воздух. Как и любой процесс, обогащение углей имеет свои отходы – пульпа, загрязнённая вода. При мокрых процессах обогащения обратная вода загрязняется тонким шламом. Для повторного использования её необходимо осветлять, так как применение загрязнённой оборотной воды

снижает эффективность процессов обогащения и обезвоживания. Схема осветления должна быть с замкнутым циклом. Сброс воды за пределы фабрики производить не рекомендуется из-за потерь угля и воды, а также из-за загрязнения водоёмов.

Все перечисленные выше факторы негативно сказывается на технологическом процессе, так как приводят к поломкам и отказам техники. В итоге возможны простои на время ремонта и замены оборудования. Следствием могут быть не только потери производительности, но также ухудшение экологической ситуации. Именно поэтому необходимо разработать комплекс мер, которые позволят увеличить надёжность и долговечность оборудования, снизят негативное воздействие на экологию, позволят более рациональное использование ресурсов и сделают производство более экономичным.

Список литературы:

1. Артюшин С.П. Обогащение углей – М.: Недра. 1975. – 384с.
2. Справочник по обогащению углей / Под ред. И.С. Благова, А.М. Коткина, Н.А. Самылина, М.: Недра. 1974. – 488с.
3. Теплотехника: Учебник для вузов / А.П. Баскаков, Б.В. Берг, О.К. Витт и др.; Под ред. А.П. Баскакова, М.: Энергоиздат. 1982. – 264с.
4. <http://vestnik.kazntu.kz/?q=kk/node/534>

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Топоров А.А., Харченко М.А.

Донецкий национальный технический университет

Природный газ широко применяется в качестве горючего как топливо для машин, котельных, ТЭЦ и др, также используется в химической промышленности как исходное сырьё для получения различных органических веществ посредством ректификации. Ректификация - это процесс многократного испарения многокомпонентной смеси с последующей конденсацией. Ректификацию проводят в реакторах - специальных ректификационных колоннах.

В настоящее время природный газ используется в основном в энергетических целях: тепловые электростанции на природном газе наиболее экологически чистые, пропан-бутановая фракция применяется в качестве бытового топлива, а также как горючее для автотранспорта [3]. Природный газ широко используют как дешевое топливо с высокой теплотворной способностью (при сжигании 1 м³ выделяется до 54 400 кДж). Это один из лучших видов топлива для бытовых и промышленных

нужд. Кроме того, природный газ служит ценным сырьем для химической промышленности. В небольших количествах метан используют в металлургической промышленности как восстановитель.

Однако способы химической переработки природного газа в ценные продукты сейчас не везде применяются, и пока еще значительная часть попутного нефтяного газа сжигается в факелах, что приводит к невосполнимой потере ценного сырья и порождает сложные экологические проблемы в регионах добычи. Столь расточительное отношение к ископаемым источникам сырья недопустимо и требует незамедлительного создания новых технологий переработки легкого углеводородного сырья.

Природный газ - основной источник углеводородов, смесь газов, образовавшаяся в недрах земли при анаэробном разложении органических веществ.

Природный газ относится к полезным ископаемым. Природный газ в пластовых условиях (условиях залегания в земных недрах) находится в газообразном состоянии — в виде отдельных скоплений (газовые залежи) или в виде газовой шапки нефтегазовых месторождений, либо в растворённом состоянии в нефти или воде. При стандартных условиях (101,325 кПа и 20 °С) природный газ находится только в газообразном состоянии. Так же природный газ может находиться в кристаллическом состоянии в виде естественных газогидратов [2].

Химический состав природного газа

Основную часть природного газа составляет метан (CH_4) — от 92 до 98 %. В состав природного газа могут также входить более тяжёлые углеводороды — гомологи метана: этан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}), а также другие неуглеводородные вещества: водород (H_2), сероводород (H_2S), диоксид углерода (CO_2), азот (N_2), гелий (He).

Чистый природный газ не имеет цвета и запаха. Чтобы можно было определить утечку по запаху, в газ добавляют небольшое количество веществ, имеющих сильный неприятный запах (гнилой капусты, прелого сена) (т. н. одорантов). Чаще всего в качестве одоранта применяется этилмеркаптан (16г на 1000 куб.м.природного газа).

Для транспортировки и хранения природного газа его сжижают, охлаждая при повышенном давлении.

В природном газе содержатся углеводороды с небольшой относительной молекулярной массой. Он имеет следующий примерный состав (по объему): 80...90% метана, 2...3% его ближайших гомологов — этана, пропана, бутана и небольшое содержание примесей — сероводорода, азота, благородных газов, оксида углерода (IV) и паров воды. Так, например, газ Ставропольского месторождения содержит 97,7% метана и 2,3% прочих газов, газ Саратовского месторождения—93,4% метана, 3,6% этана, пропана, бутана и 3% негорючих газов [1].

К природным газам относятся и так называемые попутные газы, которые обычно растворены в нефти и выделяются при ее добыче. В попутных газах содержится меньше метана, но больше этана, пропана, бутана и высших углеводородов. Кроме того, в них присутствуют в основном те же примеси, что и в других природных газах, не связанных с залежами нефти, а именно: сероводород, азот, благородные газы, пары воды, углекислый газ.

В настоящее время попутные газы улавливают и используют как в качестве топлива, так и главным образом в качестве ценного химического сырья. Из попутных газов, а также газов крекинга нефти путем перегонки при низких температурах получают углеводород. Из пропана и бутана путем дегидрирования получают непредельные углеводороды — пропилен, бутилен и бутadiен, из которых затем синтезируют каучуки и пластмассы.

Разработано много способов переработки природных газов. Главная задача этой переработки — превращение предельных углеводородов в более активные — непредельные, которые затем переводят в синтетические полимеры (каучук, пластмассы). Кроме того, окислением углеводородов получают органические кислоты, спирты и другие продукты.

Физические свойства природного газа

Ориентировочные физические характеристики (зависят от состава; при нормальных условиях, если не указано другое): плотность - от 0,68 до 0,85 кг/м³ относительно воздуха (сухой газообразный), 400 кг/м³ (жидкий); температура самовозгорания: 650 °С; взрывоопасные концентрации смеси газа с воздухом от 5 % до 15 % объёмных; удельная теплота сгорания: 28—46 МДж/м³ (6,7—11,0 Мкал/м³); октановое число при использовании в двигателях внутреннего сгорания: 120—130; легче воздуха в 1,8 раз, поэтому при утечке не собирается в низинах, а поднимается вверх.

Одним из ценных компонентов природного газа является гелий. По содержанию гелия в газе месторождения подразделяются на богатые (объёмная доля > 0,5%); рядовые (0,1-0,5%) и бедные (< 0,1%). Объёмная доля гелия в природном газе Оренбургского НГКМ составляет до 0,055%, т. е. газ относится к «бедным» гелиеносным газам.

Выделения гелия из «бедного» гелиеносного природного газа впервые в мире было освоено на гелиевом заводе ООО «Газпром добыча Оренбург». Гелий выделяется из гелийного природного газа. Выделение гелия из природного газа рентабельно при содержании гелия более 0,1%. Так впервые в мире решена научно-техническая проблема разделения «бедного» гелиеносного газа с получением гелия высокой чистоты и минимальным техногенным воздействием на окружающую среду [5].

В настоящее время на гелиевом заводе ООО «Газпром добыча Оренбург» находится в эксплуатации пять гелиевых блоков (ГБ) (один ГБ на 1-й очереди завода выведен из эксплуатации). Мощность пяти гелиевых блоков по перерабатываемому газу – 15 миллиард м³/г., по выработке гелия – 7,5 млн м³/г.

Технологический процесс выделения гелия из природного гелиевого газа предусматривает использование следующих основных объектов производственного назначения: установок получения гелиевого концентрата – ГК (объемная доля гелия – не менее 80% примесей до 20%); установок тонкой очистки ГК от примесей: метана, азота, водорода, неона, аргона и получения товарного гелия; пропанового холодильного цикла с двумя изотермами кипения хладагента на температурных уровнях – 5°С и – 36°С; азотного холодильного цикла с изотермой кипения азота – 196°С; цеха наполнения и хранения гелиевых баллонов; подземных емкостей для хранения гелиевого концентрата; отделения сжижения газообразного гелия (принадлежит коммерческой структуре ООО «Криор»).

Технология выделения гелия из природного газа осуществляется в два этапа: на первом этапе производится полная низкотемпературная конденсация газа и получение ГК; на втором этапе ГК очищается от примесей.

Очистка ГК от водорода осуществляется каталитическим методом в присутствии алюмоплатинового катализатора АП-64. Водород частично удаляется на стадии конденсации, доочистка от азота и микропримесей (неона, аргона) – методом адсорбции на угле СКТ-6. Выделенный и очищенный от примесей газообразный гелий поступает на заполнение в баллоны. В настоящее время на ГЗ производится высокочистый гелий, в основном марки А.

Основные процессы производства гелия из поступающего на переработку газа с содержанием гелия: выделение гелиевого концентрата с содержанием гелия 70%; тонкая очистка гелия от водорода, азота, углекислоты и неона; ожижение гелия.

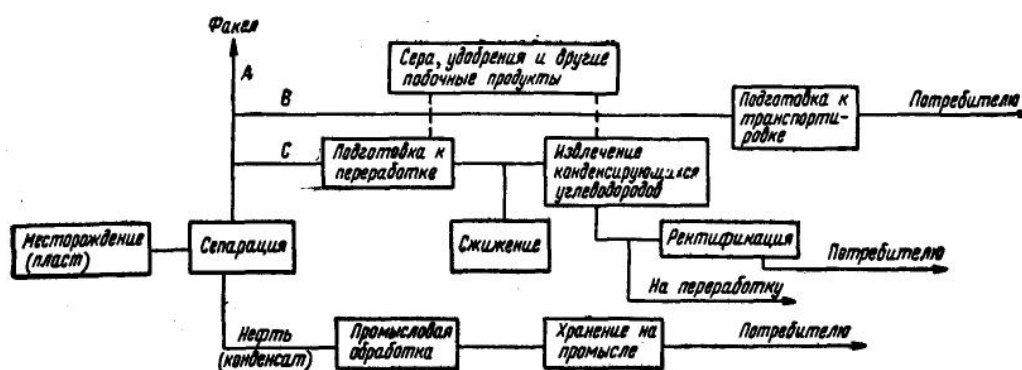


Рисунок 1 – Основные направления переработки природных газов

В химической, газовой и нефтеперерабатывающей промышленности для достижения наиболее полного разделения компонентов применяют сложный вид перегонки – ректификацию. Ректификацию широко используют в промышленности для полного разделения смесей летучих жидкостей, частично или целиком растворимых одна в другой.

В настоящее время перегонка и ректификация широко распространены в химической технологии и применяются для получения разнообразных продуктов в чистом виде, а также для разделения газовых смесей после их сжижения (разделение воздуха на кислород и азот, разделение углеводородных газов и др.) [5].

Сущность процесса ректификации сводится к выделению из смеси двух или в общем случае нескольких жидкостей с различными температурами кипения одной или нескольких жидкостей в более или менее чистом виде. Это достигается нагреванием и испарением такой смеси с последующим многократным тепло- и массообменом между жидкой и паровой фазами; в результате часть легколетучего компонента переходит из жидкой фазы в паровую, а часть менее летучего компонента—из паровой фазы в жидкую.

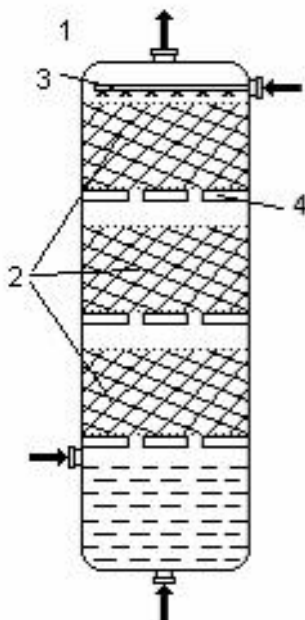
Процесс ректификации осуществляют в ректификационной установке, включающей ректификационную колонну, дефлегматор, холодильник-конденсатор, подогреватель исходной смеси, сборники дистиллята и кубового остатка. Дефлегматор, холодильник-конденсатор и подогреватель представляют собой обычные теплообменники. Основным аппаратом установки является ректификационная колонна, в которой пары перегоняемой жидкости поднимаются снизу, а навстречу парам сверху стекает жидкость, подаваемая в верхнюю часть аппарата в виде флегмы. В большинстве случаев конечными продуктами являются дистиллят (сконденсированные в дефлегматоре пары легколетучего компонента, выходящие из верхней части колонны) и кубовый остаток (менее летучий компонент в жидком виде, вытекающий из нижней части колонны) [4].

Процесс ректификации может протекать при атмосферном давлении, а также при давлениях выше и ниже атмосферного. Под вакуумом ректификацию проводят, когда разделению подлежат высококипящие жидкие смеси. Повышенные давления применяют для разделения смесей, находящихся в газообразном состоянии при более низком давлении. Степень разделения смеси жидкостей на составляющие компоненты и чистота получаемых дистиллята и кубового остатка зависят от того, насколько развита поверхность фазового контакта, а следовательно, от количества орошающей жидкости (флегмы) и устройства ректификационной колонны.

В промышленности применяют колпачковые, ситчатые, насадочные, пленочные трубчатые колонны и центробежные пленочные

ректификаторы. Они различаются в основном конструкцией внутреннего устройства аппарата, назначение которого — обеспечение взаимодействия жидкости и пара. Это взаимодействие происходит при барботировании пара через слой жидкости на тарелках (колпачковых или ситчатых) либо при поверхностном контакте пара и жидкости на насадке или поверхности жидкости, стекающей тонкой пленкой.

Рассмотрим подробнее насадочные колонны. Насадочные колонны получили широкое распространение в промышленности. Они представляют собой цилиндрические аппараты, заполненные инертными материалами в виде кусков определенного размера или насадочными телами, имеющими форму, например, колец, шаров для увеличения поверхности фазового контакта и интенсификации перемешивания жидкой и паровой фаз.



1 – корпус; 2 – насадка; 3 – ороситель; 4 - решетка.

Рисунок 2 – Колонна насадочная

Массо- и теплообмен в колоннах с насадкой характеризуются не только явлениями молекулярной диффузии, определяющимися физическими свойствами фаз, но и гидродинамическими условиями работы колонны, которые определяют турбулентность потоков [5]. В зависимости от скорости потока в колонне возможны три гидродинамических режима: ламинарный, промежуточный и турбулентный,— при которых поток пара является сплошным, непрерывным и заполняет свободный объем насадки, не занятый жидкостью, в то время как жидкость стекает лишь по поверхности насадки. Дальнейшее развитие турбулентного движения может привести к

преодолению сил поверхностного натяжения и нарушению граничной поверхности между потоками жидкости и пара. При этом газовые вихри проникают в поток жидкости, происходит эмульгирование жидкости паром, и массообмен между фазами резко возрастает. В случае эмульгирования жидкость распределяется не по насадке, а заполняет весь ее свободный объем, не занятый паром; жидкость образует сплошную фазу, а газ — дисперсную фазу, распределенную в жидкости, т. е. происходит инверсия фаз.

Исследования показали, что переход от турбулентного режима к режиму эмульгирования (точка инверсии или точка начала эмульгирования) соответствует оптимальным условиям работы колонны и оптимальной скорости пара, при которой на насадке задерживается максимальное количество жидкости, брызг и пены, достигаются интенсивный массообмен и максимальная производительность при минимальной высоте насадки. Насадочную колонну следует рассчитывать, исходя из оптимальной скорости. При превышении оптимальной скорости начинается обратное движение жидкости снизу вверх, происходит так называемое “захлебывание” колонны и нарушение режима ее работы.

В экологическом отношении природный газ является самым чистым видом минерального топлива. При сгорании его образуется значительно меньшее количество вредных веществ по сравнению с другими видами топлива. Однако сжигание человечеством огромного количества различных видов топлива, в том числе природного газа, за последние полвека привело к некоторому незначительному увеличению содержания углекислого газа в атмосфере, который является парниковым газом. Некоторые ученые на этом основании делают вывод об опасности возникновения парникового эффекта и как следствие — потепление климата.

Список литературы:

1. Нефть и основные продукты ее переработки - <http://works.tarefer.ru/94/100254/index.html>
2. Природный газ <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%B7>
3. Выделение гелия из природного газа – <http://www.geliymash.ru/content/%D0%B2%D1%8B%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D0%B3%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%8F-%D0%B8%D0%B7-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D0%B0>
4. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. / Ю.И. Дытнерский. – 1991
5. Основы расчёта и конструирования массообменных колонн. / Тютюнников А.Б., Тобажнянский Л.Л., Готлинская А.П. – 1989.

PROBABILISTIC APPROACH TO COKE-OVEN LARGE-BLOCK CONCRETE BRICKWORK STRENGTH CALCULATION

Alekseeva O.E., Andreeva D.J., Parfenyuk A.S.
Donetsk National Technical University

The new approach to calculate coke-oven large-block concrete brickwork strength is offered.

The design of the elements of brickwork is an important stage of the coking batteries design.

The tendency in a choice of the geometrical dimensions of brickwork is, as a rule, to reach that active stresses are lower than assumed one, and to provide theoretically a sufficient strength and service life with the given dimensions of chambers.

To provide the efficiency of an oven chamber its division wall must possess the certain qualities providing performance of required functions. The failure of the division wall is the intolerable loss of one of its qualities– strength, tightness or shape. Various approaches to division wall design are known. The traditional approach includes an estimation of stressed-strained state (SSS) of brickwork and of limit transverse load for the load-bearing capability of the division wall [1]. Calculation is made by three criteria: deformation, stability and strength criteria.

It is known, that the refractory brickwork of the division wall resists well to compression and poorly to tension, first of all because of the presence of the joints filled with mortar, which possess low strength. In calculations it is considered by the third theory of strength. Limiting tensile stresses of a brickwork $\sigma_t^* = 50-80$ kPa correspond to the industrial oven with height of 5,5 m which is considered base. In calculations the brickwork is considered as the continuous medium, and at its each of its point tensile stress cannot be more than the value σ_t^* : $\sigma_1 \geq \sigma_t^*$. Compressive strength of Dinas σ_c^* reaches a considerable value (to 20 MPa) and it defines the second condition of strength of the brickwork: $\sigma_3 < \sigma_c^*$.

In the absence of fissures the division wall is calculated with the criterion use $\sigma_{equ} \leq \sigma^*$, where σ^* – the calculation strength of a material, which is equal to the ratio of strength characteristic σ^{cr} to safety factor for strength, reliability, operating conditions etc.; σ_{equ} – the equivalent stress corresponding to the assumed strength hypothesis.

For the division wall calculation by the third strength theory which is considered to be valid for such calculations, the strength criterion for a flat plane state of stress has the following form [2]:

$$\sigma_{equ} = \sigma_1 - \frac{\sigma_t^*}{\sigma_c^*} \sigma_3 \leq \sigma_t^*,$$

where σ_1, σ_3 – largest and lowest principal stresses.

Various schemes and models are applied to division wall design.

By the first model it is possible to treat a division wall as vertical, rigidly fixed-end beam, which takes for transverse uniformly distributed load q_x , own weight of beam, weight of oven roof G .

Practice has shown that the maximum compression stress on absolute dimensions calculated by this model will be lower by one order of magnitude (in absolute value) than the compression strength of Dinas brick .

In that case, within the scope of the given scheme it is impossible to explain appearance of defects during process of brickwork operation.

By the second model the division wall is treated as a beam of variable rigidity with a curvilinear axis, which connects the centers of gravity of compressed zones of cross-sections. But in practice, the brickwork is capable to sustain loads higher than these obtained as a result of calculations by the given scheme. This allows an occasion to assume that the division wall is capable to withstand tensile stresses for some time interval. The model of the heating wall oven chamber in the form of the orthotropic slab offered by Sklyar et al. allows to assume ability of a brickwork during some time interval to resist without the formation of fissures to the vertical tensile stress the level of which corresponds to σ_{max}^* . Using this model, it is probably to assess both vertical and horizontal stability of a brickwork to define a value of necessary anchor force N_z from condition $N_z \leq N_{torsion}$,

where $N_{torsion}$ – critical value of horizontal anchor tie of the brickwork, defined from the condition that the normal stress are equal to zero:

$$\sigma_y^{bend} - \sigma_y^{anchor} = 0.$$

It is evident, that stability of the brickwork of heating walls depends not only on the value of tensile stresses but also on the specific design of ties, properties of Dinas, mortar etc. However, authors [3] did not take into account all these factors and which is why it is impossible to define, a value of tensile stresses that the brickwork can sustain at a long operation and, hence, to estimate its real operation life.

However, the authors of [3] disregarded these factors, which is why we cannot determine the magnitude of tensile stresses that can be taken up by the brickwork during a long period of time and, hence, we cannot estimate its life.

If appearance of cleavage cracks in a brickwork is caused by the presence of tensile stresses exceeding the tolerable level, then "undercut" of the brickwork develop in those zones of a division wall where compressive stresses and an average level of temperatures are sufficient for creep appearance. At the conditions of cyclical loading the analysis of stresses redistribution in a dangerous zone leads to very complicated calculations. In this connection it is

offered to use strain criterion of strength: $\varepsilon \leq \varepsilon_{st}$. Experimental researches by establishment of high-temperature creep of dinas brick [4], and also the analysis of calculations of ultimate strain ε_{st} for coke battery with oven chambers of various height confirm the assumption that the brickwork material attains the critical value $\varepsilon_{st} = 0,4 \%$.

However it is necessary to note, that even at corresponding revision well-known methods of designing the brickwork, the essence of which has been described above, in our opinion, cannot be applied directly to design of large-block division wall of refractory concrete in connection with following essential features of the process of its operation and destruction [5-6]:

- presence of a considerable quantity of various defects in an initial stage of operation that it is necessary to consider, assumed limiting strength characteristics;

- origination of the main crack for cyclopean masonry yet does not mean an approach of a limiting condition by criterion of strength;

- blocks possess essential strength on a stretching, considerably exceeding this characteristic for a usual brickwork, and destruction cyclopean masonry on seams without block destruction is impossible, that is caused by a design of division walls;

- considerable superficial defects from coking box which arise at total influence of a gradient of temperatures, heterogeneity of concrete structure, mechanical deterioration, chemical processes on a surface of blocks;

- large-block division wall possesses considerably higher rigidity that reduces danger of occurrence of intolerable transverse deformations.

Taking into account stated above features for cyclopean masonry criterions of its limiting condition, i.e. failure criteria, are formulated:

- condition of blocks team-work along joints: $\sigma_j^* \geq [\sigma_{equ} = f(\tau_y)]$;

- strength condition at total action of longitudinal and cross-cut forces and the bending moments: $\sigma_j^* \geq [\sigma_{equ} = f(M_x, Q_x, M_y, Q_y)]$.

The most realistic results of the calculation, considering the above-indicated feature of the operation and destruction of a large-block division wall, can be obtained by using a probabilistic approach. The probabilistic strength calculations allow to estimate the reliability characteristics of the object. With such an approach the load σ_{equ} and strength σ^* – random variables characterized by corresponding functions of the distribution densities $f(\sigma_{equ})$, $f(\sigma^*)$ and the mathematical expectation $M(\sigma_{equ})$, $M(\sigma^*)$. The reliability of the brickwork R is the probability P that the strength σ^* will not be lower the loads σ_{equ} taking into account their dispersions:

$$R = P(\sigma^* - \sigma_{equ} > 0) \quad (2)$$

The probability of the failure-free performance is connected with the probability of failure $Q = P(\sigma^* - \sigma_{equ} < 0)$ by the known relation:

$$R = 1 - Q. \quad (3)$$

On the basis of [7] for the probability of failure of the element $Q_i = F(t)$ where $F(t)$ - is the function of the distribution of operating time to failure or the probability that the system will fail by the time t . If to accept an assumption that the law of distribution of load and strength is normal, for the given moment of time according to [8] the function $F(x)$ should be expressed in terms of the tabulated Laplace odd function :

$$\Phi(z) = \Phi\left[-\frac{M\sigma_{\text{ж}} - M\sigma^*}{\sqrt{S_{\sigma^*}^2 + S_{\sigma_{\text{ж}}}^2}}\right], \quad (4)$$

where $S^2\sigma^*$ and $S^2\sigma_{\text{equ}}$ - a root-mean-square deviation of quantities σ^* and σ_{equ} .

$$F(x) = \Phi(z) + 1/2. \quad (5)$$

It is possible to express probability of failure-free operation of the division wall in terms of $y = \sigma^* - \sigma_{\text{equ}}$:

$$R = P(y > 0) = \int_0^{\infty} \frac{1}{S_y \sqrt{2\pi}} \exp[-0,5(y - M_y/S_y)^2] dy.$$

On the basis of [15] taking into account (3) - (5) failure-free operation of the brickwork is calculated from the following dependence:

$$R = 1 - \Phi\left[-\frac{M\sigma_{\text{жБ}} - M\sigma^*}{\sqrt{S_{\sigma^*}^2 + S_{\sigma_{\text{жБ}}}^2}}\right]. \quad (6)$$

The characteristics $M(\sigma_{\text{equ}})$, $M(\sigma^*)$, $S^2\sigma^*$ and $S^2\sigma_{\text{equ}}$, which depend on many factors, should be experimentally determined for particular moments of time under various conditions and modes. The random quantities σ_{equ} is function of the temperature σ_{ti} and mechanical stresses σ_i acting in the material, random influences V_{ni} , nominal geometrical characteristics of the wall zone and, b, c etc.:

$$\sigma_{\text{equ}} = f(\sigma_{\text{ti}}, \sigma_i, V_{\text{ni}}, a, b, c).$$

The random quantity σ^* depends on the strength of the concrete, which changes, depending on the time of the material performance σ_i^{T} and its conditions σ_i^{C} on the nominal cross-sectional area of the structure used in calculations of F_i :

$$\sigma^* = f(\sigma_i^{\text{T}}, \sigma_i^{\text{C}}, F_i)$$

The application of this approach makes it possible to estimate the probability of the limiting state of any particular zone of the division wall and to guarantee, with the specified reliability level, the account of all random situations and the influences leading to the failure of the division wall during the operation.

References

1. Рудыка В.И., Зингерман Ю.Е., Каменюка В.Б. и др. Совершенствование конструкций коксовых батарей по проектам Гипрококса // Кокс и химия. – 2004. – № 7. – С. 18-25.
2. Соппротивление материалов. Под общ. ред. Г.С. Писаренко. К.: Вища школа, 1973, 672 с.
3. Устойчивость кладки обогревательных простенков // Скляр М.Г., Васильев Ю.С., Вирозуб А.И. и др. Кокс и химия. 1987. N4. С.14-21.
4. Gaillet J.P., Isler D. Prolongation of coke oven service life in the European coke plants // 4-th China Int. Coking Technology and Coke Market Congress 2006. Beijing, P.R. China. – Sept. 2006. – P. 170-178.
5. Парфенюк А.С., Зборщик М.П., Веретельник С.П. и др. Пути повышения долговечности блочной бетонной кладки коксовых батарей // Огнеупоры. 1992. N4. С.24-26.
6. Парфенюк А.С., Веретельник С.П., Кутняшенко И.В. и др. Физические факторы надежности эксплуатации кладки коксовых печей из крупноразмерных огнеупорных блоков // Кокс и химия. 1992. N11. С.18-20.
7. Капур К., Ламберсон Л.. Надежность и проектирование систем. М: Мир. 1980. - 604 с.14.
8. В.В. Судаков. Контроль качества и надежность железобетонных конструкций. Л: Стройиздат. 1980. 166 с.

UDC 662.741

ABOUT CHANGE OF TIGHTNESS EMISSION-HAZARDOUS ASSEMBLIES OF THERMAL UNITS

Alekseeva O.E., Tretijakov P.V., Minakova A.A.
Donetsk National Technical University (DonNTU)

To estimate reliability of thermal units 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 and loss of functional properties of the unit elements are integrated.

The main requirements to technical objects are reliability, profitability and minimum possible of environmental contamination. Thermal units of a traditional design (coke oven, blast furnace, glass furnace etc.) for the present in an insufficient measure correspond to modern norms under these characteristics, and increase of their individual capacity, along with positive results, is connected with increase in material losses and an ecological damage at refusals, idle times and repairs.

In coke-ovens such dangerous assemblies the most difficult constructive elements are: covers, hatches, assemblies of loading and an unloading of raw materials and a product, supply of gases, control, clearing, repair etc.

Dangerous assemblies of the coke-ovens to constructive signs are transformed to two generalized schemes (fig. 1): type "cover" – for one-piece connections and «pipe in brickwork» – for split connections [1].

The further accumulation and chips increase leads to formation of pits. The given kind of defects is the main reason critical damages of formation – troughs, especially in the upper zones of division walls. Criteria of a technical condition of thermal units [2] are offered for the analysis of technical condition emissions dangerous assemblies for the prevention occurrence critical situations purpose, timely elimination of defects and the undesirable phenomena.

Their quantity is defined by the process parameters quantity of the functional properties loss – tensile strength σ^* (for refractory elements) or a yield stress σ_T (for metal elements) and specific leak Q per unit of the perimeter for a time unit.

In a general view these criteria are the following:

$$\sigma_{i=1..n}^m \leq \sigma^* \cdot K_{\sigma}; \quad (1)$$

$$Q_{\Pi Д В} \geq \left(\frac{\Delta p B}{\mu} \right) K_Q, \quad (2)$$

Where σ^m – stress in elements, Δp - pressure difference between internal and an environment; μ - dynamic viscosity of gas emissions, B – the area of the gap arising in connection of elements, K_{σ^*} , K_Q - the functions considering influence on assembly durability and their hermiticity of the destruction factors (temperature, mechanical, operational).

In a general view criterions functions represent the regressions equations. Factors of the regressions equations are obtained by properly of the experimental researches of a elements material strength change and connections hermiticity in coke-ovens operation. Data about the temperature and stress strain state of coke-ovens elements are obtained as a result of the distribution temperatures mathematical model realization and stress in the section of considered assemblies [3].

The calculation of elements and connections by criteria of a technical condition (1, 2) [4] defines the criterions functions limiting values, at which non-failure operation of elements and observance of sanitary specifications on emissions is guaranteed, are defined.

It is established that at a deviation from the normal operation mode and absence of resets of thermal units dangerous assemblies after 500 cycles of operation there are unserviceability sites in elements and after 2000 cycles there will be a loss of functional properties for all elements - covers, hatches, loading and unloading assemblies.

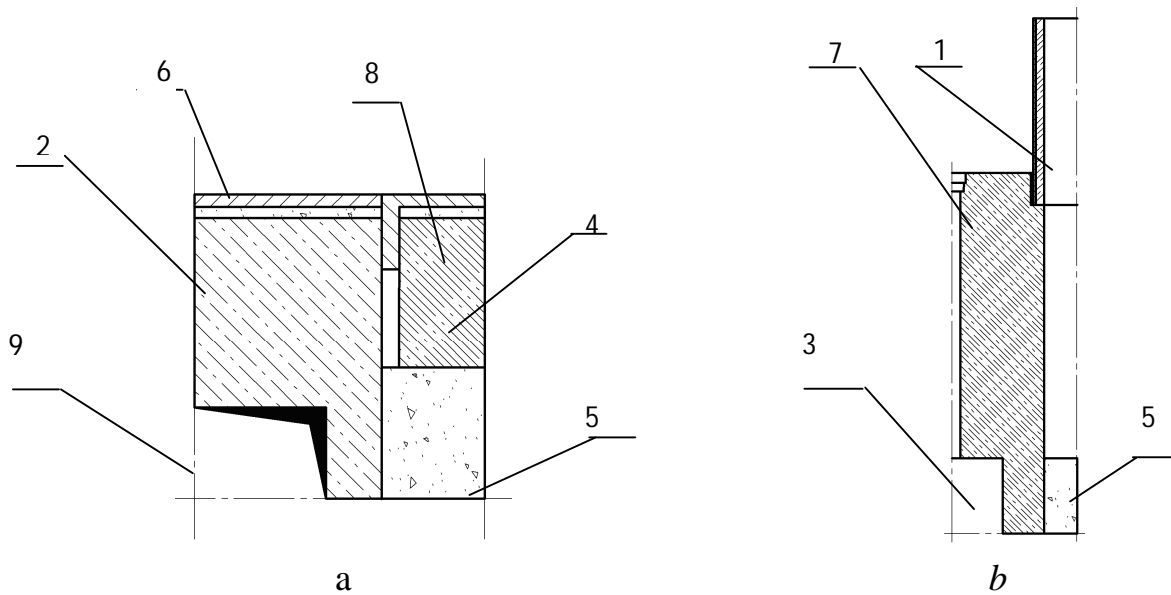


Fig. 1. Calculated schemes of the emissions dangerous assemblies:

Assembly of type "cover", type assembly "pipe in brickwork": 1 - pipe, 2 - oven brickwork, 3 - aperture of recirculation, 4 - plug, 5 – material to be processed, 6 - brickwork reinforcing, 7 – oven roof brickwork, 8 - cover, 9 - heating funnel

To increase the duration of the period of failure-free elements operation it is necessary to raise values of the criterion function K_{σ^*} and to reduce values K_Q .

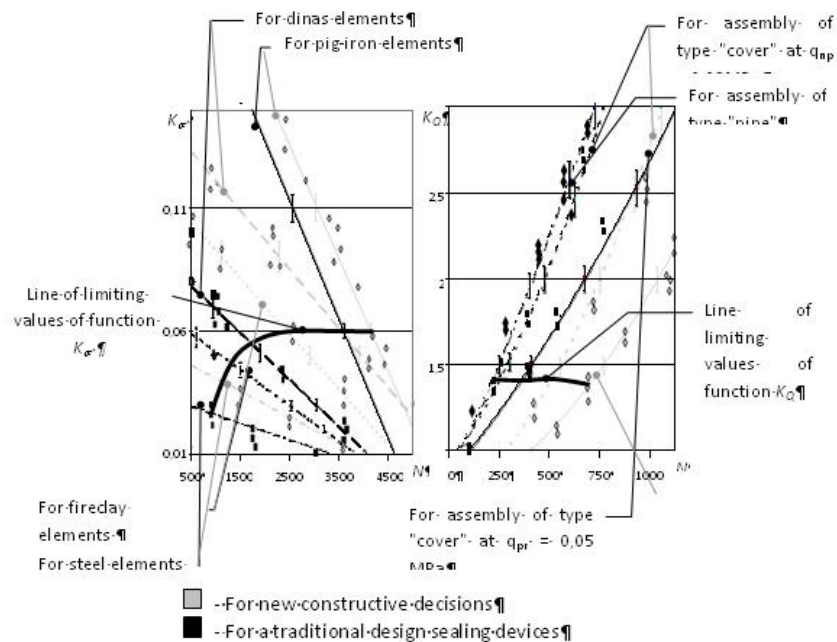


Fig. 2. Change of values criteria-functions K_{σ^*} , K_Q depending on quantity deliveries of the coke oven pushing N and efforts of pressing pressurizes elements q_{pr} in various conditions of operation

For this purpose it is necessary to pass to new conditions of operation of thermal units, so to prevent occurrence of the events breaking functioning of assembly (fig. 2).

The dangerous emissions assemblies elements calculation results analysis by criteria (1), (2) has shown, that prevention, first of all, of such events as

pollution of surfaces by resinous products of coking, burning of gases on unit surfaces, constructive changes of elements (increase in length of a head of a division wall at 50-100 mm, use of the large-block plug for metal elements), maintenance of a self-centering of thermal unit hatches and doors, will lead to reduction values of temperature and mechanical loadings, speed reduction of superficial elements destruction, will reduce to a minimum dimensions of the gap between a cover and a frame of assembly [3].

Assemblies elements calculation by technical condition criteria (1), (2) with criterion functions K_{σ^*} and K_Q in new conditions has shown that the quantity and the dimensions of the reliability low level zones in assemblies was sharply reduced. Unserviceability sites will appear in the assembly only after 4000 cycles. It is brickwork of the first heating funnel and a plug surface (50-70 mm). Duration of the period of failure-free operation of such elements as a door case, brickwork of refractory elements at the door zones, reinforcing elements will increase over 5000 cycles. During operation of the coke battery with a deviation from a normal mode infringement of sanitary specifications on emissions will occur after 400 cycles of the coke oven pushing.

Criteria functions change laws research of the each assembly element has allowed defining failure-free operation periods of the least secure elements, and also limiting values of the criteria functions for each element and assembly type at which failure-free operation and also observance of sanitary specifications on emissions.

Список литературы:

1. Парфенюк А.С. Продление ресурса агрегатов путем предотвращения развития трещин в элементах конструкций / А.С. Парфенюк, П.В. Третьяков, Е.Д. Костина // Защита металлургических машин от поломок. – Мариуполь, 2003. – Вып.7. – С. 110-113.
2. Алексеева О.Е. Оценка работоспособности тепловых агрегатов при проектировании // Защита металлургических машин от поломок. – Мариуполь, 2003. – Вып.7. – С. 178-183.
3. Власов Г.А., Топоров А.А., Алексеева О.Е., Захаров П.А., Бритов Н.А., Ткаченко В.Н., Карпов В.С. Анализ температурных условий работы уплотнительных устройств дверей коксовых печей (Сообщение 2) // Кокс и химия. - 2002. - № 9. - С.43-45.
4. Алексеева О.Е., Третьяков П.В. Экологическая безопасность коксовых батарей: проблемы и решения // «Экологические проблемы промышленных мегаполисов». Материалы III международной научно-практической конференции – выставки в г.Донецке 23-27 мая 2006 г. Донецк, 2006. С. 255 - 257.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ – ВСЕОБЩАЯ ПРОБЛЕМА УКРАИНЫ

Парфенюк А.С., Кутняшенко Ю.И., Андреева Д.Ю.
Донецкий национальный технический университет

Проблема развития экологического сознания общества. Предложены простые правила, которые, будучи взяты за основу каждым гражданином, приведут к результату уже завтра.

Двадцатый век – век научно-технической революции и защиты природы, поскольку стремительное развитие науки и техники при ранее сложившемся взгляде на природу Земли как на необъятный, неисчерпаемый источник богатств поставило человечество перед угрозой экологического кризиса.

Загрязнение природной среды современными промышленными отходами, различными химическими средствами, созданными для сельского хозяйства, быта и др., расточительное использование природных богатств породили процессы, несущие в себе опасность возникновения экологической ситуации, когда люди и все живое не смогут нормально существовать и развиваться. Речь идет не только о сокращении на Земле запасов чистой пресной воды, плодородных почв и т.п., но и о том, что загрязнение ведет к разрушению генетической структуры человека. Одностороннее использование достижений науки и техники, только для производства, без достаточной заботы о самой природе, ухудшает состояние природной среды обитания человека.

Общество своей деятельностью противопоставило себя природе из-за безудержной ее эксплуатации. Но угроза гибели природы есть угроза и обществу. Лишь сравнительно недавно люди начали понимать, что природа представляет собой сложнейшую систему, в которой один биологический вид необходим для других. Являясь вершиной этой системы, человек зависит от остальных видов, которые своим развитием обусловили его появление и обеспечивают ему природные условия существования.

Для всех развитых стран мира экологическая ситуация является предметом особого внимания официальных властей всех уровней, политических партий и общественных движений, средств массовой информации и широких слоев населения. Экологическая ситуация – “зеркало”, в котором отражается уровень социально-экономического положения страны.

Систематическое обобщение информации о состоянии окружающей природной среды и здоровья населения необходимо как для обоснования

природоохранных программ и принятия управленческих решений, так и для широкого ознакомления с этой проблемой населения, представителей экологических организаций и общественных движений.

Для предотвращения экологической катастрофы большое значение имеет формирование экологической культуры личности, способной в современных условиях к гармонизации взаимоотношений с природной средой. Сохранение приемлемых природных условий требуют от каждого человека приобщения к духовным и нравственно-этическим образцам жизнедеятельности в окружающей среде.

Проблема состоит в том, чтобы человек действовал с позиций заботы об окружающем мире, влияние на который должно быть очень осторожным. Главное – не навредить.

Сегодня возникло понятие экологической этики – учения об отношениях человека с природой, основанное на восприятии природы как субъекта, признании её морального статуса, высоком оценивании внутренней ценности природы, уважении прав природы и ограничении прав человека. Главным направлением в экологической этике является эколобицентризм, нацеливающий людей на сохранение как можно большего количества видов живых существ и участков природы в безотносительной пользе от этого человеку или даже во вред ему. Согласно эколобицентризму экологические проблемы не могут быть решены без фундаментальных изменений в существующих ценностях общественной и политической жизни. Природу нужно защищать для того, чтобы расширить человеческие возможности и помочь людям стать лучше.

Экологическая этика возникла как движение, направленное на признание морального значения природы. Она еще не стала руководством к широкому и массовому действию, но получает всё более широкое распространение и известность. Этому способствует растущее осознание всеобщего экологического кризиса. Экологическая этика выходит далеко за рамки практических задач экологии – это должно стать нормой поведения и формироваться с раннего возраста.

В условиях растущей рыночной конкуренции, приходится с сожалением признать, что сегодня ценность высоких личностных устремлений, мораль и гуманность стремительно теряют свои позиции. Ведущими становятся корпоративные интересы, направленные на удовлетворение неограниченно растущих псевдосоциальных потребностей узких групп лиц, возглавляющих фирмы и корпорации, проявляющих безразличие к государственным и национальным интересам. Дарвиновскую борьбу за существование сменила борьба за комфортные условия жизни, удовлетворение материальных потребностей, а власть и техника стали главным оружием в этой борьбе за изъятие у природы ценных ресурсов в коммерческих целях. Размер богатств, измеряемый

деньгами, становится мерилom силы, власти, благополучия, уровня комфортности бытия. Ускоренно развивается новый мир, в котором социальная конкуренция с нарушением правил или без них, стала двигателем "прогресса".

Общество, особенно в Украине, страдает от отсутствия способности охватить весь комплекс проблем. Наиболее важной сегодня становится разработка стратегии безопасного развития в условиях нелинейного взаимодействия как внутри общества, так и между обществом и биосферой. В связи с этим возникает необходимость развития направления "Экологическая этика повседневного быта", которая призвана не только осветить сложившуюся проблематику для общественности, но и осуществлять экологическое воспитание ещё в раннем детском возрасте, ориентированное на конкретную повседневную деятельность каждого здравомыслящего человека.

Вот ряд основных личностных правил бытовой экоэтики, четкое соблюдение которых в повседневной жизни будет способствовать благополучию экосистемы, в которой вы находитесь.

1. Будьте разумно бережливы и не загрязняйте воду, почву, воздух всевозможными химическими веществами, отходами, всегда думайте об этой опасности.

2. Покупая напитки и продукты в упаковке, Вы очень много платите за упаковку. Не покупайте ненужного.

3. Ничего не сжигайте без крайней необходимости, так как любое сжигание органических веществ – это потеря ценного сырья и загрязнение окружающей среды.

4. Не расходуйте без надобности воду, вода – ценнейший дар природы, сырье, экоресурс, источник жизни. Всегда будьте бережливы в использовании воды.

5. Старайтесь уменьшать количество домашнего уличного мусора, свалок, не оставляйте после себя использованные предметы в неположенном месте. Соблюдайте чистоту в своем доме, во дворе, повсюду, где Вы находитесь.

6. Ограничивайте электромагнитные влияния, которым мы все в большей мере подвержены: электрооборудование, бытовая техника, телевидение, компьютеры, мобильные телефоны и т.п.

7. Сокращайте контакт с вредными материалами, особенно, имеющими неприятный запах и сомнительные экологические свойства, вызывающие негативные ощущения.

8. Покупайте только необходимое, ограничивайте свои потребительские запросы.

9. Максимально используйте предметы быта, находите им вторичное применение или возможность сдать в утиль. Чините поврежденные

предметы, используйте их, если это разумно, по возможности долго. Отдайте бесполезные или ненужные Вам вещи, сдавайте, выставляйте, но не уничтожайте, они, возможно, нужны кому-то.

10. Изучайте и оценивайте свойства интересующих Вас продуктов и предметов самостоятельно, не доверяйте рекламе, цель которой заставить Вас поскорее сделать покупку, порой ненужную и даже вредную.

11. Носите при себе компактную прочную, лучше тканевую сумку, которая позволит Вам не покупать красивые, но ненужные полиэтиленовые пакеты. По возможности пользуйтесь ими меньше.

12. Стремитесь овладевать новейшей информацией в вопросах экологии, думайте, анализируйте, советуйте другим, не будьте равнодушными. Распространяйте полученные экологические знания среди окружающих, но объясняйте очень корректно, поскольку не все подготовлены воспринимать Вашу позицию. Но будьте убедительны, последовательны и сами будьте примером.

Необходимо разработать и реализовать единую программу комплексного экологического мониторинга, обеспечивающую получение объективной оценки и прогноза экологической обстановки в мегаполисе.

Донецк является не только административным и культурным центром страны, но и мощным транспортным узлом, ядром крупнейшей промышленной агломерации.

В целом анализ экологической ситуации и природоохранной деятельности позволяет сделать вывод о необходимости разработки и осуществления единой природоохранной программы возобновления экологических ресурсов на территории города. Важнейшей задачей является введение систематического экологического образования в школах, средних и высших учебных заведениях, повышение информированности населения через средства массовой информации.

Экологический кризис сегодня - это уже беда не какого-нибудь одного региона, страны, континента. Мы понимаем, что недостаточно бороться только против загрязнения почвы, воды, воздуха. Куда страшнее духовное загрязнение, порождающее атмосферу страха, ненависти, цинизма, недоверия на фоне наигранного оптимизма и якобы благодушия, прикрывающего безразличие к чужому горю.

Изменение природы неизбежно, однако идеология безграничного покорения природы безнравственна и губительна. Перспективы выживания человечества связаны с взаимной эволюцией природы, общества и человека. Любые социальные и научно-технические новшества должны оцениваться с учетом их экологической значимости. Власть над природой оборачивается против человека, когда ради сиюминутных выгод пренебрегают экологической безопасностью. Преобразование природы недопустимо без учета возможных экологических последствий.

ЗАПРОШУЄМО МЕШКАНЦІВ ІНДУСТРІАЛЬНИХ МЕГАПОЛІСІВ ДО МАЛЬОВНИЧОГО КУТОЧКУ ДОНБАСУ

Тараман А.Д.

Тов. «Енеїда», с. Олександро-Калинове, Донеччина, Україна

В Донецькому краї, недалеко на південь від Костянтинівки, на мальовничому просторі біля ландшафтного парку і Клебан–Бикського водосховища розташувалося село Олександро–Калинове. Вздовж села тече маленька річка Бичок. По цій річці колись проходив південний кордон козацьких вольностей славної держави Запорізької Січі. Відкриваються очам гарні краєвиди села. Біля села проходить автомобільна дорога державного значення Слов'янськ - Донецьк – Маріуполь. Відстань до обласного центру міста Донецьк - 40 км, до районного центру Костянтинівка – 10 км, до Слов'янська та Красноармійська – 50 км.

Вдале розташування та мальовничі краєвиди нашого села надихають зробити його відкритим для активного відпочинку людей, бо село це неначе оазис серед промислових міст. В свою чергу місцеві мешканці висловили своє бажання об'єднатися в громадську екологічну спілку «Світ», яка хотіла б відродити та підтримувати українське село.

У наших сільчан виникло бажання відкрити музей старовинного народного побуту та культури українського народу, як пам'ять нашим предкам і донесення історії нашим нащадкам.

Збереження і плекання українських традицій, української мови, народних звичаїв і обрядів, українського національного духу завжди були притаманні українському селу.

З відкриттям музею в нашому селі люди з цікавістю познайомилися із самобутньою культурою українського народу. Для музейних експонатів люди з різних місць Донбасу привозили старовинні традиційні речі побуту та інтер'єру, серед яких значна колекція рушників, одягу, кераміки, знарядь праці, у сільських мешканців також є багато цікавих старовинних речей, які вони передали б до експонатів майбутнього музею.

Незмінна краса українського села чудово оспівана великим українським поетом Тарасом Шевченком півтора сторіччя тому, та навкруги за цей час багато що змінилося. Багато чого пережило село в різні часи.

Та прийшла на наше село і Божа благодать. Навесні у селі розпочнеться будівництво храму «Святих Царствених мучеників». І ми сподіваємося, що поряд з показом у нашому музеї матеріальної культури, буде відтворюватися і духовна культура.

Історія нашого села, тісно переплетена з давниною, з подіями які відбувалися в цій місцевості, з історією Війська Запорізького та держави Запорізької Січі. Ці землі бачили тисячоліття царства скіфів, котрих

замінили гуни, на ці землі зазирали сармати, хазари, печеніги. На половців водив у ці краї свої дружини київський князь Володимир. В музеї, який відкритий у селі, представлені всі цікаві старовинні речі побуту, знаряддя праці наших пращурів, рідкісні археологічні знахідки, речі Великої Вітчизняної війни. Відкриття музею в селі сприяє розвитку сільського туризму та туризму вихідного дня. Повертаючись до природи, до землі, до свого коріння, людина повертається до своєї суті і стає сама собою.

Споконвіку в народі жила і в найскрутніші часи не згасала радість від краси життя, тяжіння до всього прекрасного. Людина намагалася прикрасити своє нелегке життя, зробити радісною важку щоденну працю. Кожну річ вона в якийсь спосіб оздоблювала, перетворювала у високомистецький витвір і відтак залишала після себе чудові зразки побутової майстерності. Пам'ятки народної культури, які ми показуємо в нашому музеї, свідчать про невичерпний талант і працелюбність українського народу. Сподіваємось, що враження і досвід, який здобудуть люди при відвідуванні нашого музею та наших унікальних місцевостей, стане корисним для них і їхніх нащадків.

Ще раз хочеться відзначити цінність природи, яка знаходиться біля села та Клебан-Бикського водосховища, де заснувано регіонально-ландшафтний парк «Клебан-Бик». Надзвичайний інтерес становить пам'ятка природи загальнодержавного значення «Клебан-Бикське» відслонення, головна цінність якого полягає у прибережних ділянках старовинного Пермського моря, яке колись знаходилося на наших землях.

До нас дійшли рештки надзвичайного розвитку рослинності далеких часів минулого у вигляді закам'янілих залишків рослин, коралів, моллюсків, які можна буде побачити у нашому музеї та на уривистому березі водосховища. По території ландшафтного парку прокладені екостежки, облаштовані місця коротенького відпочинку, оклядові майданчики. А в селі люди можуть надавати свої будинки для відпочиваючих у нашій цікавій місцевості. Подальший розвиток нашого села тісно пов'язаний з діяльністю регіонального ландшафтного парку. Особливо сприятливі умови для розвитку сільського зеленого туризму створюються на територіях національних і ландшафтних парків, де існує можливість поєднати повноцінний відпочинок з пізнаванням природного і історико – культурного потенціалу регіону. Ми вважаємо, що відкриття музею у селі – це перший камінець у побудові подальшого розвитку села та сільського туризму. Українське село має багатющу історико-археологічну спадщину, духовну культуру, самобутній побут, самою природою даровані мальовничі ландшафти. Треба зауважити на те, що гострою проблемою для багатьох сіл і нашого села теж є брак робочих місць, зростаючий надлишок робочої сили, вивільненої з сільськогосподарського виробництва і треба більше уваги приділити галузям, які не потребують для свого розвитку

великих коштів. Екотуризм – науково-пізнавальний вид сільського зеленого туризму, природні, рекреаційні історико-архітектурні надбання притаманні для цієї потреби.

Ми сподіваємося на підтримку та зацікавленість місцевих та державних органів влади, та підтримки міжнародних фондів для подальшої популяризації та відтворення нашого села та цієї мальовничої місцевості. Щоб у людей не виникала потреба їхати далеко за кордон, а відпочинок був у своєму рідному краї, щоб люди хотіли жити, працювати на селі, щоб наші діти повертаючись до села бачили, що село живе у відповідності з сучасністю.

Багата і щедра природа Донецького краю, де розташовано наше село Олександро-Калинове. Для неї характерні свої неповторні ландшафти, унікальні природні комплекси, рослинний і тваринний світ, працьовиті люди, які живуть в наших українських селах.

Завітайте до нас, городяни, мешканці індустріального Донбасу, і ви в цьому переконаєтесь і не пожалкуєте. І неодмінно станете палким прибічником українського села. Все це – наше спільне багатство, яке нашими зусиллями потрібно не тільки зберегти, а й примножити, щоб передати силу й красу рідної землі, старовинні звички, побут українського народу – наступним поколінням.

Вибачте за недосконалі рими, але від серця маленький вірш:

Як не любити рідну Україну,
Як не кохати щирий цей простір!
В житті родина – це найголовніше
Вся Україна дім наш дорогий!

За всі роки, в селі душа і серце відпочине
Оці луки, поля, дороги й польові квітки!
Все рідне серцю, лагідне таке
Нам треба, жити, вірити, хотіти
Хотіти край свій рідний зберегти!

ПЕРЕЧЕНЬ АВТОРОВ

Alekseeva O.E.	193, 243, 247	Зеленская Н.В.	27
Antonyuk S.	33, 156, 168	Зубов Д.В.	100
Dosta M.	42	Караченцев А.Е.	124
Grezhdier D.M.	193	Караченцев Е.И.	124
Heinrich S.	33, 42, 156, 168	Карпенко Е.И.	168
Salikov V.	156, 168	Кауфман С.И.	103, 114
Акусова А.А.	139	Кипря А.В.	161
Алексеенко Е.А.	174	Кирбаба В.В.	30, 114
Ангельев Ф.А.	139	Клевлеев В.М.	92
Андреева Д.Ю.	226, 243, 251	Клешня Г.Г.	50
Банников Л.П.	120	Комаров А.С.	161
Баранов Д.А.	24	Коробко Ю.В.	184
Бирюков В.В.	27	Королев В.П.	65, 67, 73
Бобкова Н.И.	84	Костерова В.Ю.	174
Бондалетова В.А.	127	Костина Е.Д.	151
Бондаренко И.В.	135	Котляров И.А.	147
Бондарь В.А.	10	Крутько И.Г.	161
Борисенко А.Л.	114	Кудрявцев А.А.	76, 80
Боровлев В.Н.	147	Кулакова В.О.	131
Бутузов Г.Н.	127, 131	Купрюхина А.В.	97
Бутузова Л.Ф.	127, 131	Кутняшенко А.И.	151
Бутюгин А.В.	30	Кутняшенко Ю.И.	196, 251
Веретельник С.П.	151, 184	Кущенко И.В.	67
Ветров И.В.	127	Любартович В.А.	10
Власов Г.А.	30, 103	Маковский Р.В.	127, 131
Вознюк В.Т.	122	Малеев В.Б.	76, 80
Воропаева Н.И.	215	Малова К.А.	70, 84
Воропаева А.И.	219	Малыш А.С.	114
Выпирайко Д.В.	206	Матлак Е.С.	61
Высоцкий Ю.Б.	67	Минаев А.А.	7
Герман К.Е.	114	Минаев Д.С.	92
Гладышев П.А.	18	Минакова А.А.	200, 247
Гнеденко М.В.	30	Мишин И.В.	52
Голуб О. Ю.	90	Мікульнок І.О.	122
Голубев А. В.	88, 90	Муллакаев М.С.	24
Горшина Е.С.	27	Неманова Е.О.	27
Дюбанов А. В.	88	Орлова Е.В.	97
Ершов М.А.	24	Павленко В.С.	203
Заика А.И.	61	Парамонов Е.А.	100
Заика Т.И.	61	Парфенюк А.С.	151, 156, 168, 188, 196, 200, 203, 243,
Збыковский Е.И.	88, 90		

Полянский Д.В.	188	Тихоненко Е.П.	139
Русинова Т.В.	27	Топоров А.А.	88, 139, 147, 174, 206, 219, 226, 236, 251
Семченко С.А.	161	Третьяков П.В.	215, 247
Скорынин Н.И.	76, 80	Узденников Н.Б.	30
Скрипченко Н.П.	120	Харченко М.А.	236
Сокур А.А.	156	Холодов В.Е.	147
Стрелкова А.Ю.	65	Чешко Ф.Ф.	50, 120
Тараман А.Д.	255	Ярошевский С.Л.	52
Тасиц Д.И.	151		
Терешкина О.С.	70, 84		