

ХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 658.012.011.56:658.512

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ В ХИМИЧЕСКОЙ И СМЕЖНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*д-р техн. наук, проф. Г.Н. АБАЕВ, канд. техн. наук, доц. З.С. ТЕРЯЕВА,
канд. техн. наук, доц. Р.А. АНДРЕЕВА,
канд. техн. наук, доц. Е.М. ШЕСТОПАЛОВ, канд. техн. наук, доц. О.Н. ЖАРКОВА,
канд. техн. наук В.Б. ХАЛИЛ, И.А. ЕЛЬШИНА, Е.В. САФРОНОВА
(Полоцкий государственный университет)*

Приведены краткие сведения и итоги работы кафедры химической техники за последние 10 лет в области ресурсосбережения, энергосбережения и компьютеризации в химической и смежных отраслях промышленности (РЭКнефтехим). Краткость изложения компенсируется значительным перечнем опубликованных авторами работ в избранном научном направлении.

Вскоре после распада СССР, когда обозначились новые основные народнохозяйственные проблемы Республики Беларусь, на кафедре химической техники стало формироваться научное направление «Ресурсосбережение, энергосбережение и компьютеризация в химической и смежных отраслях промышленности». Формированию этого направления способствовали не только задачи текущего дня, но и опыт ведущих специалистов кафедры. Сейчас эти работы ведутся в направлениях:

- комплексная переработка органосодержащих отходов в топливный газ (или нефтехимическое сырье);
- компрессионный тепловой насос нового типа с использованием в качестве рабочего тела смеси паров H_2O и воздуха для рекуперации низкопотенциального тепла;
- разработка и внедрение энергосберегающих эжекторов для различных технологических применений;
- компьютеризация и управление технологическими процессами;
- разработка методов интенсификации при получении низкозастывающих нефтепродуктов.

Все перечисленные направления развиваются в тесном сотрудничестве с развитием учебного процесса, т.е. преподаванием дисциплин, курсовым и дипломным проектированием, магистерскими и кандидатскими диссертациями.

Комплексная переработка органосодержащих отходов (КПОО) в топливный газ (или сырье для нефтехимии)

Этим направлением кафедра занимается, начиная с 1993 года. Под органосодержащими отходами понимают отходы быта, пищевые, леса, сельского хозяйства, очистных сооружений и др. За время работы в этом направлении выполнена огромная экспериментальная работа на лабораторных и пилотных установках, подготовлены и опубликованы десятки статей и отчетов [1 - 13]. Получен патент Республики Беларусь на комплексную переработку органосодержащих отходов и установку для ее осуществления [2]; защищены диссертации; разработан регламент опытной установки, бизнес-план типовой промышленной установки. По нашим оценкам, использование технологии и аппаратного оформления КПОО для переработки органосодержащих отходов в республике Беларусь могло бы на 1/4- 1/3 удовлетворить потребности в топливе. На основе КПОО может быть получено нефтехимическое сырье (этилен, пропилен, бутилены и др.). Технология КПОО включает стадии:

- подготовка и обезвоживание отходов;
- метаногенная обработка отходов;
- термодеструкция продуктов метаногенной переработки;
- газоразделение.

На основных стадиях КПОО (метаногенез, термодеструкция) разработано оригинальное аппаратное технологическое оформление, защищенное патентом Республики Беларусь [2].

Стадия метаногенеза сочетается с выращиванием растений в теплице (элемент конструкции метантенка). Стадия термодеструкции сочетается с получением горячей воды, которая, в частности, используется для обогрева метантенка и теплицы. Комплексная переработка органосодержащих отходов - сравнительно сложная технология (по сравнению со сжиганием отходов, биогазовыми установками и др.). Однако сложность КПОО обусловлена и гарантирует практическое отсутствие вредных выбросов и сбросов; 100 %-ную рекуперацию потенциала органики отходов; полную автономию по теплу и выработку 80 - 85 %-ного потенциала органики в виде высококалорийного газа или сырья для нефтехимии.

На поддержание жизнедеятельности установки КПОО используется не более 15-20 % потенциала органики. В последние 1,5-2 года разработаны предложения, значительно интенсифицирующие наиболее медленную стадию КПОО - метаногенную обработку, а также принципиально решены вопросы глубокого обезвоживания органосодержащих отходов (до АСВ примерно 35 %). Наиболее актуальным вопросом развития КПОО является создание типовой опытно-промышленной установки мощностью 10000 т/год по топливному газу. По нашим оценкам стоимость такой установки составит около 2 млн. долларов, а срок окупаемости - 2 - 3 года.

Нами установлены контакты с фирмами Китая и России с целью инвестирования и совместного развития КПОО. Установки КПОО планируется размещать вблизи мест потребления продукции и образования отходов. Возможно объединение КПОО с котельными и др.

Компрессионный тепловой насос нового типа

На протяжении 5-6 лет кафедра ведет работы по созданию нового типа теплового насоса. На предприятиях нефтехимического комплекса в системах водооборота (в градирнях) теряется огромное количество низкопотенциального тепла. Проведенное кафедрой обследование ОАО «Нафтан» и ОАО «Полимир» показало [13], что тепло, теряемое в градирнях, примерно равно энергии, потребляемой производствами, т.е. на каждом производстве потребляемая энергия примерно равна теплу, выбрасываемому в атмосферу в градирнях.

Задача разработки теплового насоса нового типа - рекуперация этой энергии. Несмотря на огромное число работ по тепловым насосам, мы работаем над насосом нового типа и имеем положительное решение и выдачу патента [14] в связи с тем, что применение в тепловых насосах в качестве рабочих тел фреона, аммиака нереально из-за огромных количеств рекуперированного тепла и нецелесообразно по экологическим соображениям. В тепловом насосе, который разрабатывается на кафедре, в качестве рабочего тела используется смесь паров воды и воздуха и это принципиально меняет все основные аппараты компрессионного теплового насоса (компрессор, рекуператор низкопотенциального тепла и др.). По этому направлению имеются публикации [13, 15], защищена магистерская диссертация и в настоящий момент ведется работа в рамках магистерской и кандидатской диссертаций. Создана опытная установка для отработки теплового насоса нового типа. Установка прошла испытания и показала принципиальную возможность реализации теплового насоса нового типа. Наиболее слабое место - компрессор для теплового насоса, что и является важнейшим предметом ближайших исследований.

Разработка и внедрение энергосберегающих эжекторов для различных технологий

На кафедре ряд лет ведутся работы [18, 19] по созданию эффективных эжекторов и изучения закономерностей эжекции. Эжекционная аппаратура находит широкое распространение в биотехнологии для реализации эффективного тепломассообмена без применения контактных устройств, а также в различных энергосберегающих технологических схемах (выпарка, вакуумирование и др.). Эффективность

эжектора определяется, в частности, коэффициентом эжекции $K_{\text{э}} = \frac{Q_2}{Q_{\text{э}}}$. Нами впервые показано, что

наиболее эффективная эжекция достигается в режиме развитой турбулентности ($Re > 10^5$), когда силы молекулярного трения уступают место силам турбулентности. Установлено [19], что в таком режиме в качестве определяющего критерия необходимо использовать число Маха $M = \frac{W_{\text{эж}}}{W_{\text{зв}}}$, а не Re . Коэффициент

эжекции $K_{\text{э}}$ определяется как числом M , так и геометрической конфигурацией сопла. Установлено, что механизм эжекции объясняется захватом газа наружной турбулизованной поверхностью несущей среды (струи). Поэтому, при равных прочих условиях, коэффициент эжекции тем выше, чем больше отношение периметра струи к ее сечению. Эти соображения привели к созданию плоскоструйных аэраторов, у которых коэффициент эжекции может быть в несколько раз выше, чем у цилиндрических. Нами изучены закономерности тепломассообмена в газожидкостном слое, образованном при струйном аэрировании. Установлено, что приведенная поверхность контакта фаз $\frac{S \cdot W_n}{Q_{\text{э}}}$ также есть функция числа Маха,

где S – поверхность контакта фаз, W_n – скорость подъема пузыря, $Q_{\text{э}}$ – расход эжектирующей, циркулирующей жидкости.

Эффективные струйные эжекторы использованы нами:

- для абсорбции и конденсации паров стадии термодеструкции установки комплексной переработки органосодержащих отходов (КПОО);
- для эжекции воздуха из атмосферы в рекуператоре тепла установки «Тепловой насос нового типа»;
- для эжекции воздуха поступающими в аэротенк потоками стоков и ила на очистных сооружениях ОАО «Нафтан».

По этому направлению защищена одна магистерская и готовится к защите кандидатская диссертация (Е.В. Сафронова).

Компьютеризация и управление технологическими процессами

Это направление работ кафедры развивает на основе имеющегося опыта, а также в связи с тем, что мы считаем компьютеризацию сегодня реальным и наиболее доступным способом ресурсоэнергосбережения. По этой тематике выполнен ряд магистерских и кандидатских диссертаций, опубликованы десятки статей [18 - 30], в которых установлены закономерности образования брака в стекловарении (ОАО «Стекловолокно»), эффективности КГТУ (ОАО «Нафтан»), формирования качества полиэтилена на стадии экструзии (ОАО «Полимир»), фракционной разгонки нефтепродуктов, качества стадии полимеризации производства «Нитрон».

В производстве «Нитрон» (ОАО «Полимир») несколько лет функционирует компьютерная система расчета основных стадий технологических показателей на основе решения системы уравнений теплового и материального баланса [18], что позволяет оперативно вносить коррективы в ход процесса и стабилизировать качество прядильного раствора. По этой работе получено решение о выдаче патента РБ.

Важным достижением для кафедры является реализация компьютерной системы «Полоцк» для экспресс-анализа фракционного состава нефтепродуктов. В настоящее время эта система воспроизводится в двух направлениях:

1. Фирмой ISL (Франция) на основе совместного с РБ патента [19]. К концу 2003 года в мире реализовано более 60 таких компьютерных систем. Работа запатентована в 13 странах мира. В шести странах (США, Великобритания, Франция, Австрия, Голландия, Германия) получены патенты.

2. ОАО «Позитрон» (Россия) на основе новой заявки на изобретение [20]. В настоящее время изготавливается установочная серия (3 экз.) для проведения метрологической аттестации. Эта компьютерная система способна обеспечить рынки России и Республики Беларусь приборами по ценам, вчетверо более низким, чем аналогичные изделия фирмы ISL. По этому направлению готовится к защите кандидатская диссертация (А.В. Дубровский). Выполнила и защитила кандидатскую диссертацию О.Е. Шестопалова.

Разработка методов интенсификации при получении низкозастывающих нефтепродуктов

В работе принимают участие студенты, два аспиранта; выполнена и защищена магистерская диссертация (С.А. Шупейко). Предложены две новых конструкции аппарата для термического обезмасливания. Изготовлены экспериментальные модели этих аппаратов. Студентом-дипломником В.В. Веретенниковым подана заявка на полезную модель аппарата, опубликована статья в сборнике студенческих работ УО «ПГУ» по результатам выполненных исследований.

Положительные результаты лабораторных экспериментов подтверждают возможность практического получения технического парафина с содержанием масла около 2 % при сокращении времени цикла и энергозатрат по сравнению с существующими способами термообезмасливания. Разработана методика исследования кинетики процесса охлаждения, позволяющая определять диапазон температур кристаллизации гачей. Методика предполагает использование компьютера для регистрации параметров в процессе измерения.

Предполагается запатентовать разработанные конструкции.

Потенциальными потребителями результатов работы могут стать ОАО «Нафтан», завод горного воска (г. Свислочь), либо другие предприятия, импортирующие большие количества парафина. Парафин может стать экспортной продукцией, на которую есть рынки сбыта в Литве, Латвии, Польше.

По результатам технологии производства битумов опубликованы три статьи [31 - 33].

ЛИТЕРАТУРА

1. Абаев Г.Н., Андреева Р.А., Статкевич С.П. Комплексная переработка отходов, содержащих органические вещества // Химия в интересах устойчивого развития. - 1997. - № 5.
2. Патент Республики Беларусь № 2253. Способы переработки органосодержащих отходов и установка для его осуществления / Г.Н. Абаев, Р.А. Андреева, С.П. Статкевич. - Белгоспатент. Оф. бюл. № 3, 1998.
3. Статкевич С.П., Андреева Р.А., Абаев Г.Н. Окислительная термодеструкция переработки органосодержащих отходов при комплексной переработке // Весці АН Беларусі Сер. хім. навук. - 1998. - № 3.
4. Статкевич С.П., Абаев Г.Н., Андреева Р.А. Закономерности кинетики пиролиза органосодержащих отходов // Весці АН Беларусі Сер. хім. навук. - 2000. - № 3. - С. 99 - 104.
5. Андреева Р.А. и др. Кинетические закономерности анаэробной ферментации отходов очистных сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности // Весці АН Беларусі Сер. хім. навук. - 2001. - № 3.
6. Андреева Р.А. Особенности анаэробного сбраживания органических отходов различного происхождения и их смесей // Материалы, технологии, инструменты. - 2002. - Т. 7. - № 4. - С. 68 - 71.
7. Андреева Р.А., Абаев Г.Н. Комплексная переработка органосодержащих отходов в высококалорийный топливный газ - важное направление решения экологических и энергетических задач Республики Беларусь // Обзорная информация. - Белорусский научно-исследовательский центр «ЭКОЛОГИЯ». - Мн.: ОДО «ЛОРАНЖ-2», 2001. - 48 с.

- 8 Абаев Г.Н. и др. Состояние НИОКР по комплексной переработке органосодержащих отходов в топливный газ или сырье для нефтехимии // Ресурсосбережение и экологически чистые технологии Труды 4-й НТК - Гродно, 2001
- 9 Андреева Р.А., Урванцев В.В., Абаев Г.Н. Физико-химические закономерности процесса обезвоживания осадков очистных сооружений нефтеперерабатывающего завода // Весці АН Беларусі Сер хім. навук - 2003 - № 2
- 10 Ельшина И.А., Абаев Г.Н., Ельшин А.И. Методика определения доли свободной жидкости в активном иле // Материалы, технологии, инструменты - 2003 - Т 8 - № 2 - С 93-96
- 11 Андреева Р.А., Абаев Г.Н., Моисеенко Л.П. Изменение влажности и водоотдающих свойств осадков очистных сооружений нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств после их анаэробного сбраживания по технологии КПОО // Природные ресурсы - 2003 - № 1 - С 63-68
- 12 Рудинская Т.А., Андреева Р.А. Состав и свойства неорганического остатка отходов очистных сооружений // Материалы, технологии, инструменты - 2003 - № 3
- 13 Абаев Г.Н. и др. Рекуперация низкопотенциального тепла системы оборотного охлаждения с использованием термокомпрессионных циклов // Материалы, технологии, инструменты - 1998 - № 1 - С 49-52
- 14 Патент Республики Беларусь (решение о выдаче от 29 12 2003 по заявке № а20010172) Компрессионный тепловой насос / Г.Н. Абаев, М.А. Брикер, Е.В.Сафронова
- 15 Брикер М.А., Абаев Г.Н. Тепловой баланс компрессора для схем тепловых насосов // Материалы, технологии, инструменты - 2002 - Т 7 - №1 - С 184-188
- 16 Абаев Г.Н. и др. Расчет коэффициента эжекции вертикальных свободных аэрированных струй // Теоретические основы химической технологии - 1992 - Т 26 - С 442 - 446
- 17 Сафронова Е.В., Абаев Г.Н. Закономерности гидродинамики и массопереноса в струйных аппаратах // журнал - 2001 - Т 74 - №3 - С 184-188
- 18 Абаев Г.Н., Ярмолик О.С. и др. Компьютеризация производства «Нитрон» // Химическая промышленность - 1999 - № 5
- 19 Способ определения характеристик дистилляции жидких нефтепродуктов с помощью экспресс-мини-дистилляции и аппарата для его осуществления / Г.Н.Абаев, Р.А.Андреева, В.В.Урванцев, А.В.Спиридонов, В.А.Колесник - Международные патенты Великобритания, Франция, США, Германия, Голландия, Австрия
- 20 Абаев Г.Н., Дубровский А.В., Абаев Р.Г., Шумилин Ю.В. Определение фракционного состава жидких нефтепродуктов с нахождением молекулярного веса фракций посредством экспресс перегонки и устройство для этого определения // Бюл. изобретений № 3 - 2003 - С 59-63
- 21 Абаев Г.Н., Дубровский А.В., Абаев Р.Г. Моделирование постепенной перегонки немонотонно выкипающих продуктов // Химия и технология топлив и масел - 2003 - № 5 - С 13-14
- 22 Абаев Г.Н., Дубровский А.В. Определение молекулярной массы и плотности нефтепродуктов при помощи компьютерной системы «Полоцк» // Химическое и нефтегазовое машиностроение - 2003 - № 9 - С 17-18
- 23 Патент Республики Беларусь № 5279 Способ автоматического управления процессом непрерывного аэробного культивирования микроорганизмов / О.Е.Шестопалова, Г.Н.Абаев и др.
- 24 Шестопалова О.Е., Абаев Г.Н. и др. Управление процессом анаэробной обработки органосодержащих осадков сточных вод по составу биогаза // Экологические системы и приборы - 2003 - № 5 - С 18-21
- 25 Патент Республики Беларусь № 4979 Способ автоматического определения фракционного состава жидких нефтепродуктов, выкипающих до 400 °С, и устройство для его определения / Г.Н.Абаев, А.В. Спиридонов и др.
- 26 Шестопалова О.Е., Абаев Г.Н., Андреева Р.А. О возможности управления направленностью биосинтеза по составу отходящих газов // Биотехнология - 1997 - № 5 - С 58-63
- 27 Жаркова О.Н., Абаев Г.Н. и др. Запаздывание в системе измерения температуры при проведении фракционной разгонки нефтепродуктов // Инженерно-физический журнал - 1999 - №2
- 28 Абаев Г.Н. и др. Построение кривой ИТК по данным фракционной разгонки с учетом динамических погрешностей системы измерения температуры // Химия и технология топлив и масел - 1999 - № 3 (495)
- 29 Шестопалова О.Е., Абаев Г.Н., Андреева Р.А. Взаимосвязь основных параметров процесса аэробной ферментации с параметрами дыхания, оцениваемыми по составу отходящих газов // Биотехнология - 1999 - № 1
- 30 Абаев Г.Н., Дубровский А.В. Компьютерный комплекс на основе моделирования фракционной разгонки нефтепродуктов // Химическое и нефтегазовое машиностроение - 1999 - № 4
- 31 Теряева З.С., Коваленко П.В., Липский В.К. и др. Экологические аспекты технологии упаковывания битумов // Химия и технология топлив и масел - 2003 - № 5 - С 51-53
- 32 Теряева З.С., Коваленко П.В., Липский В.К. Расчет процесса охлаждения битума // Теоретические основы химической технологии - 2002 - № 3
- 33 Патент Республики Беларусь № 4970 Способ упаковывания горячепластичных материалов в полимерную рукавную пленку / З.С.Теряева и др.