

БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ХИМИЧЕСКОЙ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Одной из задач, которые ставит производство перед наукой, является разработка материалов с требуемыми эксплуатационными показателями. Традиционные металлические и композиционные конструкционные материалы постепенно вытесняются – им на смену приходят высокотехнологичные наноструктурированные материалы.

Для решения задач по модернизации и ресурсосбережению в нефтегазохимической отрасли необходимо внедрение перспективных разработок и высокоэффективных технологий, а стало быть и инноваций. Одним из перспективных направлений внедрения инноваций по защите технологического оборудования, резервуаров, трубопроводов, насосного оборудования от износа и агрессивного воздействия атмосферы, а также по улучшению механических свойств конструкций является увеличение ресурса за счёт разработки и использования ультрадисперсных материалов в качестве пленочных антифрикционных и антикоррозионных покрытий и элементов с заданной структурой.

Насколько близки к применению в качестве материалов и покрытий конструкций и деталей машин нефтехимических производств ультрадисперсные материалы с размером кристаллов, входящих в нанодиапазон?

В настоящее время доказано эффективное использование наноматериалов в тонком химическом синтезе и нефтехимическом производстве в виде реагентов и в качестве катализаторов. Уменьшение размера частиц до десятков и единиц нанометров приводит к изменению их физико-химических свойств.

Использование наноструктурированного металла как конструкционного материала даёт современным производствам, в том числе и нефтегазоперерабатывающим, следующие возможности:

- облегчение веса детали и конструкции за счёт изменения абсолютной плотности и физико-механических свойств, что снижает себестоимость;
- повышение надёжности и срока службы за счёт увеличения ресурса детали и оборудования;
- снижение затрат на транспортировку;
- снижение энергозатрат.

Проведенные белорусскими учеными Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова исследования позволили разработать и получить объемно-кристаллическую наноструктуру с измененными стандартными показателями по пластичности и износостойкости. Беспористые компактные наноматериалы на основе деформирующихся металлов и сплавов обеспечивают многократное повышение их механических характеристик без ущерба пластичности [1]. Для сравнения коррозионностойкая аустенитная сталь 12X18H10T с размером зерна $<100 \cdot 10^{-9}$ м имеет предел текучести $\sigma_T = 1340$ МПа, что превышает показатель прочности крупнозернистого аналога при обычной термообработке с сохранением показателя пластичности почти в 6 раз [4].

Одной из проблем эксплуатации конструкций и элементов оборудования нефтехимической отрасли является коррозия и износ. Поверхностный слой изнашивается при контакте с другим слоем. Привычная смазка предохраняет сопряженную деталь с помощью защиты твердого слоя путем самоудержания в порах и углублениях. Одним из важных свойств антифрикционных покрытий, обуславливающих способность сопротивляться трению, является их малая склонность к «схватыванию» с материалом сопряженной детали. Наиболее склонны к «схватыванию» при трении в паре одноименные пластичные металлы. Одним из предложений ученых является использование в качестве защитного слоя покрытия, обладающего необходимым уровнем эксплуатационных свойств. Его особенность не только в составе, но и в строении: покрытия, содержащие износостойкие карбиды и оксиды, скрепленные вязкой матрицей, выступают в роли твердой смазки и пластичной связки. Концентрация антифрикционной составляющей увеличивается за счёт наноструктуры и в покрытии при незначительном изменении износостойкости снижается коэффициент трения [2]. Этот прием выгодно использовать в подшипниковых узлах. Использование наноструктурированных

износостойких покрытий позволит увеличить ресурс нефтегазодобывающего и нефтегазоперерабатывающего оборудования за счет увеличения его коэффициента полезного действия. Технологии плазменного и дугового нанесения наноструктурированных покрытий разработаны в ФГУП ВНИИНМ им. академика А.А. Бочвара могут заменить устаревшие экологически опасные гальванические технологии. Условие промышленного внедрения этих покрытий не является обязательным (для крупных установок и конструкций), т.к. созданные технологии нанесения покрытия дают возможность выполнить эти операции на эксплуатируемом оборудовании (без демонтажа). Отсутствие пористости в покрытии исключает возможность коррозионного воздействия агрессивной среды [3].

Возможности применения наноструктурированных материалов и покрытий для нефтегазохимической отрасли сегодня оцениваются в основном в виде перспектив, несмотря на имеющуюся базу научно-технических разработок в этом направлении. К сожалению, имеющиеся научные разработки идут в основном на лабораторном уровне. Внедрение технологических процессов нанесения износостойких и антикоррозионных покрытий с нанометровой точностью, обеспечивающее существенное улучшение показателей прочности, твердости, жаропрочности и т.д., возможно при наличии заказчиков, т.е. должен быть создан рынок потребления этих материалов. Необходима оценка специалистов данной отрасли промышленности, которые будут использовать производимые материалы, так как без совместной работы в виде сотрудничества, а не только заказа, направление применения и совершенствования современных ультрадисперсных материалов может не состояться.

Сегодня наука может предложить производству своих специалистов, но не готов рынок потребителей, не дана экономическая оценка, не проводится мониторинг со стороны менеджеров предприятий. На сегодняшний день в РФ утверждён только один проект по созданию производства наноструктурных износостойких изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тезисы докладов 2-ого научно-технического семинара «Наноструктурные материалы – 2002: Беларусь – Россия». Москва, Институт металлургии и материаловедения РАН.
2. Цырлин М.И. Конструктивное обеспечение получения плазменных покрытий из полимерных смесей // Современные материалы, оборудование и технологии упрочнения и восстановления деталей машин: Труды конференции - Новополоцк: Полоцкий гос. ун-т, 1999.С. 117-118.
3. Кочанов Д.И. Наноматериалы и нанотехнологии для машиностроения: состояние и перспективы применения. Журнал РИТМ (ремонт, инновации, технологии, модернизация), №8, 2010. С 16-21.
4. Добаткин С.В. Наноматериалы. Объемно металлические нано- и субмикроструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М. Учёба, 2007.

*Бабушкин Д.А.,
Исаев А.А.,*

*Нижекамский химико-технологический институт
(филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ»*

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПЕРЕГРЕТОЙ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛУЧШЕННЫХ КОНДЕНСАТОТВОДЧИКОВ

В настоящее время многим странам приходится всерьез задумываться над вопросом энергосбережения. В первую очередь, это затрагивает такие энергоёмкие отрасли промышленности как нефтеперерабатывающую и химическую, где в технологических процессах непрерывно используется огромное количество пара. Как производители, так и потребители, решают сложную проблему сокращения расхода пара и соответственно минерального топлива (энергоресурсов). Общемировая тенденция повышения цен на энергоносители не обошла стороной и Россию и её национальную промышленность, перед руководителями производств стоит задача при минимальных затратах найти эффективное решение проблемы.

Один из путей ее решения – уменьшение доли пролётного пара в теплоиспользующих установках и повышение эффективности использования отработанного пара.

В рамках пароконденсатных систем любого предприятия решающую роль в вопросе энергосбережения играют конденсатоотводчики, что вытекает из их функционального назначения – задержать пар в теплоиспользующих установках до полной его конденсации и отводить конденсат из парового пространства.

Потребитель, устанавливая оборудование на предприятии, ожидает от него эффективности и экономической выгоды. Однако системы пароснабжения не могут на 100% выполнять поставленные задачи, если они не оборудованы конденсатоотводчиками и конденсат скапливается в системе или имеется пролет пара, не отработавшего в цикле и безвозмездно уходящего в окружающую среду.

На большинстве производств, особенно старых, на которых экономия энергетических ресурсов не была первостепенной задачей, установлены термодинамические конденсатоотводчики, имеющие ряд недостатков, в том числе пролет пара (в среднем около 5%), либо конденсатоотводчики были демонтированы из-за поломок, либо по каким-то причинам не установлены, тем самым энергоэффективность на таких предприятиях невысока. Рассмотрим преимущества внедрения новых типов конденсатоотводчиков, а именно поплавковых, не имеющих пролетного пара и более устойчивых к гидроударам.

Рассмотрим установку приготовления перегретой воды на ООО НЗГШ, состоящую из 3 контуров: циркуляционный, 1я ступень подогрева и 2я ступень подогрева. Существующая схема показана на рисунке 1. Вода из деаэратора с температурой $T=102^{\circ}\text{C}$ в несколько стадий нагревается паром до 180°C , а затем уходит на процесс вулканизации, в котором отдает свою теплоту и снова восполняет ее в циркуляционном контуре. В системе установлены конденсатоотводчики термодинамического типа с пролетом пара, равным 5%. Общий расход пара составляет 24т/ч, причем в первой ступени 6т/ч, во второй 6т/ч, в циркуляционном контуре 12т/ч.

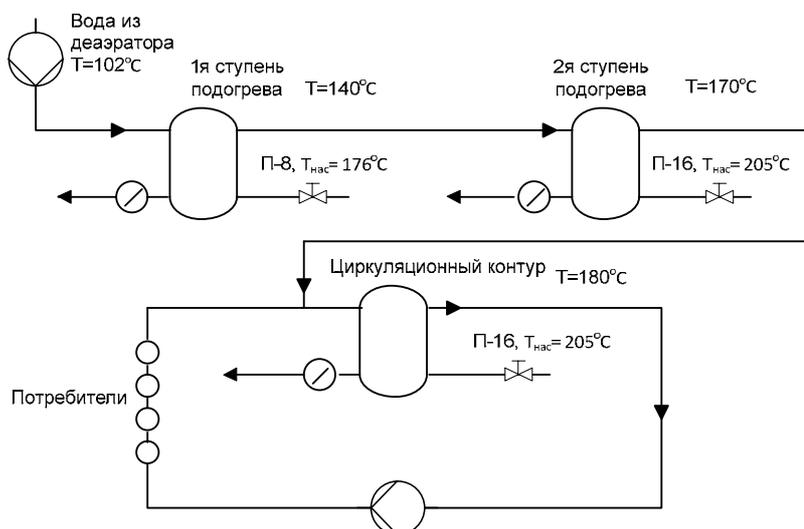


Рис. 1. Существующая схема установки ПШВ

Предлагается модернизировать существующую схему до схемы, показанной на рисунке 2, с установкой конденсатоотводчиков поплавкового типа, не имеющих пролет пара.

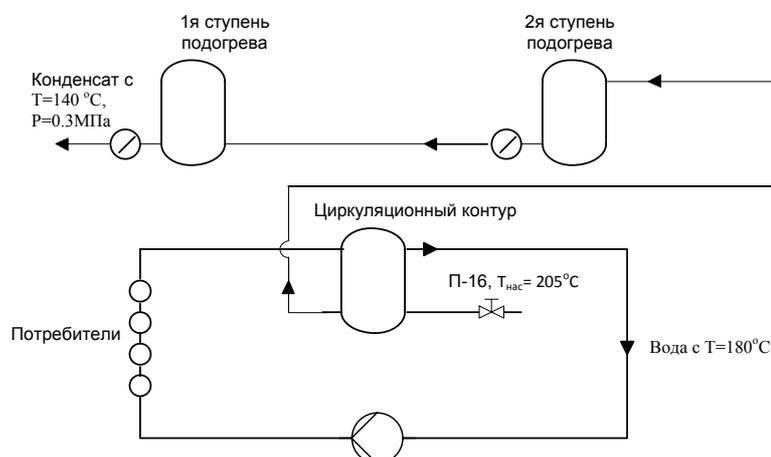


Рис. 2. Предлагаемая схема модернизации установки ПШВ

Энергетический баланс для существующей схемы распределения теплоносителей ППВ:

$$G_{П-16} h_{П-16} - G_{П-8} h_{П-8} - G_{К-16} h_{К-16} - G_{К-8} h_{К-8} = Q$$

$$G_{ПЦ-16} \cdot h_{ПЦ-16} + G_{П2-16} \cdot h_{П2-16} + G_{П1-8} \cdot h_{П1-8} = Q + 0.95(G_{КЦ-16} \cdot h_{КЦ-16} + G_{К2-16} \cdot h_{К2-16} + G_{К1-8} \cdot h_{К1-8}) + 0.05(G_{ПЦ-16} \cdot h_{ПЦ-16} + G_{П2-16} \cdot h_{П2-16} + G_{П1-8} \cdot h_{П1-8})$$

где $G_{ПЦ-16}$, $G_{П2-16}$, $G_{П1-8}$ - расходы пара соответственно в циркуляционном контуре, 2ой ступени и 1ой ступени;

$h_{ПЦ-16}$, $h_{П2-16}$, $h_{П1-8}$ - соответствующие энтальпии пара;

$G_{КЦ-16}$, $G_{К2-16}$, $G_{К1-8}$ - расходы конденсата;

$h_{КЦ-16}$, $h_{К2-16}$, $h_{К1-8}$ - энтальпии конденсата;

Q – количество теплоты, отданное перегретой воде. Решая полученное уравнение, находим

$Q = 46489200$ кДж/ч, потери теплоты с пролетом пара составляют 3346800 кДж/ч.

Энергетический баланс для предлагаемой схемы распределения теплоносителей ППВ:

$$G_{П-16} \cdot h_{П-16} = Q + G_{К-16} \cdot h_{К-16}$$

Пролетного пара при данной схеме нет, значит $G_{П-16} = G_{К-16}$. Найдем расход пара, учитывая, что переданная теплота Q в обоих случаях одинакова:

$$G_{П-16} = \frac{Q}{h_{П-16} - h_{К-16}} = \frac{46489200}{2794 - 606} = 21,27 \text{ т/ч.}$$

Экономия пара составляет $24 - 21,27 = 2,73$ т/ч, или, в переводе на энергию, 1,82Гкал/ч.

Экономия пара вследствие отсутствия пролетного пара и замены конденсатоотводчиков составляет 1.18 т/ч, или 0,78 Гкал/ч.

Экономия в денежном выражении при цене за 1 Гкал = 494руб.18коп. составит

$$\mathcal{E} = 494,18 \cdot 0,78 = 385,46 \text{ руб/ч}$$

Установка ППВ работает круглосуточно, а за счет резервных теплообменников, еще и без останова на ремонт. За год непрерывной работы оборудования экономия составит:

$$\mathcal{E}_1 = 385,46 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 12 = 3326,4 \text{ тыс. руб/год.}$$

Таким образом, установка новых типов конденсатоотводчиков увеличивает энергоэффективность и снижает энергопотребление теплоэнергетических установок. К тому же, для крупных предприятий с большим расходом пара установка быстро окупается, т.к. при средней стоимости поплавковых конденсатоотводчиков в 15-20 тыс. руб., они дают экономию до нескольких сотен тысяч рублей ежемесячно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назмеев, Ю.Г. Теплоэнергетические системы и энергетические балансы промышленных предприятий: учебное пособие для студентов вузов/ Ю.Г. Назмеев, И.А. Коныхина. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 407с.

2. Пехтин, В.А. Эффективные технологии/ В.А. Пехтин, М.П. Федоров// ЭНЕРГОПРОГРЕСС [Электронный ресурс]: науч. журн. – Режим доступа: http://www.energy-journals.ru/market/energetik/2006/1_-_en06/

3. Конденсатоотводчики// ЗАО УЭСК «КОРАЛ» [Электронный ресурс]: интернет-магазин. – Режим доступа: <http://www.koral.ru/products/production/steam-traps/>, свободный.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НА БАЗЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТИПА «КОНФУЗОР-ДИФФУЗОР» И ПРУЖИННО- ВИТЫХ КАНАЛОВ

В настоящее время в качестве теплообменного оборудования, доля которого в структуре теплоэнергетики составляет порядка 70 %, в основном используются теплообменные аппараты с гладкотрубными теплообменными элементами, отличающиеся значительными габаритами, низкими значениями коэффициентов теплопередачи, высокими показателями гидравлических потерь и удельной металлоемкости, а также существенным уровнем морального и физического износа (до 80 %) вследствие длительных сроков их эксплуатации (50-60 лет).

В связи с этим, в последнее десятилетие активно ведутся работы по замене устаревшего парка теплообменного оборудования, теплообменными аппаратами с теплообменной поверхностью «конфузор-диффузор», выполненной в форме чередующихся усеченных прямых конусов.

Достойное место в этом ряду занимают инновационные проекты, предлагаемые научными школами КГАСУ, включающие разработку, проектирование и изготовление современных теплообменных устройств на базе криволинейных теплообменных элементов «конфузор-диффузор» с оребренной и неоребреной проточной частью, защищенных рядом патентов [1-4], и предназначенных для реконструкции трубных пучков кожухотрубчатых теплообменных аппаратов (рис.1).

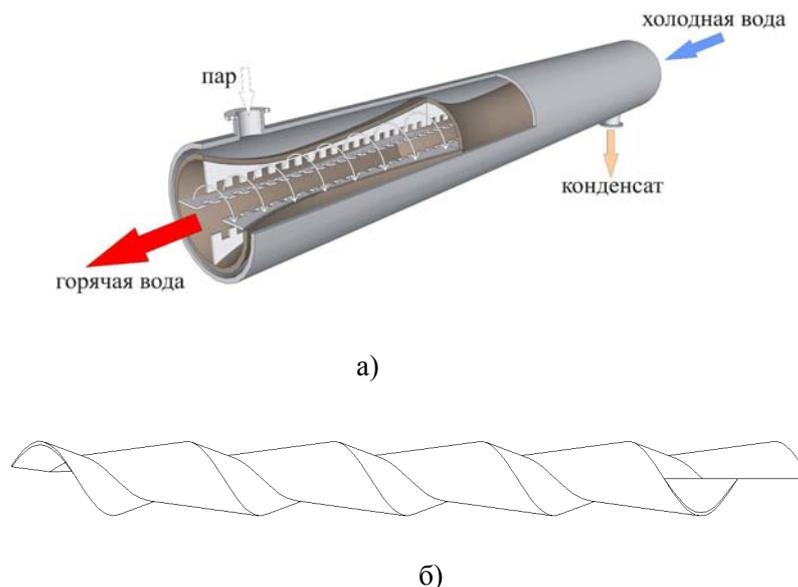


Рис. 1 Общий вид теплообменного аппарата типа «труба в трубе» на базе криволинейного теплообменного элемента «конфузор-диффузор»: а) с оребренной проточной частью; б) с винтовой поверхностью теплообмена.

Для снижения гидравлического сопротивления проточной части канала предлагается стенки конфузорно-диффузорных элементов профилировать по дуге окружности, что позволит увеличить поверхность теплообмена канала в среднем на 15...20 % и добиться снижения гидравлического сопротивления в 1,2-1,5 раза. Для дальнейшей интенсификации процесса теплопередачи во внутренней полости трубы со стороны меньшего коэффициента теплоотдачи предлагается установить ребра плавникового типа с прорезями, образующими «гребешок», что позволит увеличить внутреннюю поверхность теплообмена в среднем на 40-45%, а общую теплообменную поверхность на 50-60%, при этом сократить длину проточной части канала практически в 2 раза.

Важное место среди разработок КГАСУ занимают запатентованные учеными университета конструкции теплообменных элементов [5,6], в виде пружинно-витых каналов, выполненных из проволоки в форме тугой пружины, витки которой жестко скреплены (рис.2).

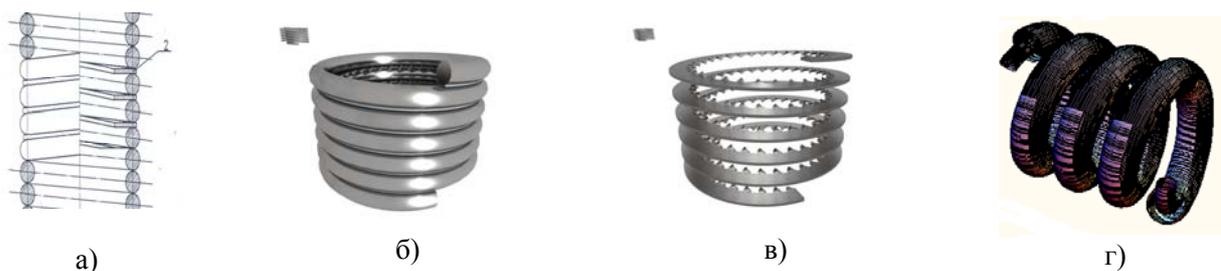


Рис. 2 Пружинно-витые каналы:
а) с дискретной винтовой вставкой; б) с непрерывной винтовой вставкой; в) общий вид непрерывной винтовой вставки; г) змеевиковый пружинно-витой канал.

Наличие спиральных выступов на наружной поверхности пружинно-витого канала обеспечивает эффект внешнего оребрения, что увеличивает площадь теплообменной поверхности в 1,5...1,7 раз. Развитая теплообменная поверхность способствует интенсификации теплообмена при умеренном росте потерь энергии на прокачивание теплоносителя и позволяет существенно снизить длину проточной части канала, а значит, и уменьшить капитальные затраты на изготовление теплообменного элемента.

Использование в теплообменной аппаратуре предлагаемых пружинно-витых элементов обуславливает двухсторонний эффект интенсификации, как со стороны внутренней, так и наружной поверхности.

Дополнительным и весьма важным обстоятельством, обуславливающим необходимость использования рассматриваемых теплообменных элементов, является снижение скорости солеотложений и накипи на стенках канала, так как периодические обновления пограничного слоя препятствуют осаждению загрязнений внутри рабочих элементов.

Рассматриваемый класс теплообменных элементов разработан для целей модернизации и реконструкции существующего физически изношенного парка кожухотрубчатого теплообменного оборудования путем замены гладкотрубных теплообменных элементов трубами типа «конфузор-диффузор» или пружинно-витыми каналами (рис. 3), а также для производства на их базе широкой номенклатуры современного теплообменного оборудования для различных отраслей промышленности.

Технико-экономические преимущества использования предлагаемых малогабаритных теплообменных аппаратов с теплообменными элементами «конфузор-диффузор» с оребренной и не оребренной проточной частью и пружинно-витыми каналами, по сравнению с известными типами теплообменников, составят:

- снижение гидравлических потерь - на 10-15%;
- снижение затрат на энергоресурсы до 25 %;
- уменьшение массогабаритных показателей теплообменных аппаратов - на 30-50%.

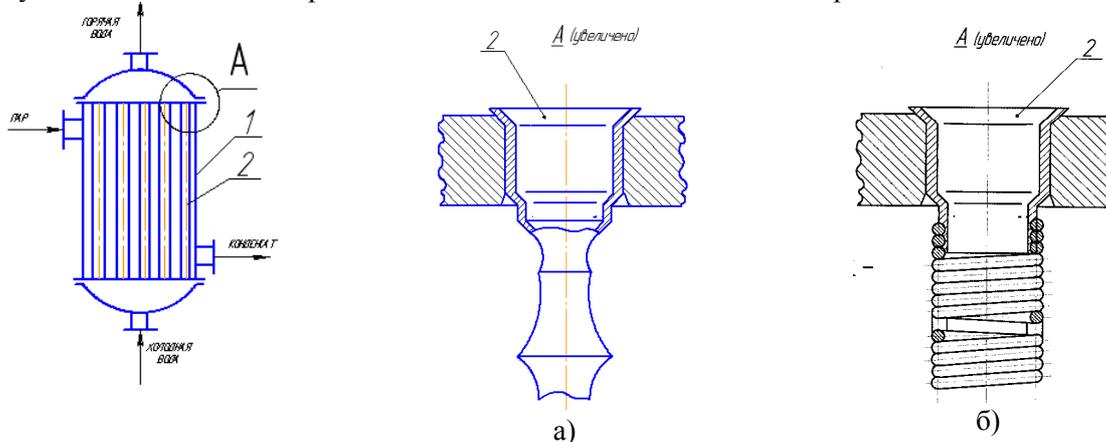


Рис. 3 Кожухотрубный теплообменник с теплообменными элементами:
а) канал типа «конфузор-диффузор»; б) пружинно-витой канал

В настоящее время, в университете создана расчетная методика предлагаемых интенсифицированных теплообменных аппаратов. Заключен договор о намерениях со станкостроительным заводом ОАО «ПО Елабужский автомобильный завод» о возможности изготовления на его производственных мощностях пилотных образцов теплообменных аппаратов с криволинейными теплообменными элементами «конфузор-диффузор» и пружинно-витыми каналами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ №2306518 Аппарат для проведения процессов тепломассообмена /Я.Д.Золотонос, А.Я.Золотонос №2006105076/06 заявл.17.02.06; опубл. 20.09.07; Бюл. №26.
2. Патент РФ на пол. модель № 92162 МПК F28D 7/00, 11/04 Аппарат для проведения процессов теплообмена /А.Я.Золотонос. - №2009138855/22 от 20.10.09, опубл. 10.03.10. Бюл. №7
3. Патент РФ на пол. модель №96641 МПК F28D 7/00; Аппарат для проведения процессов теплообмена /Я.Д.Золотонос, А.Я.Золотонос - №2010110802/22 заявл. 22.03.10; опубл.10.08.10. Бюл.22.
4. Патент РФ на пол. модель №62694 МПК F28D 7/00; 11/04 Теплообменный элемент / А.Я. Золотонос, Я.Д. Золотонос, И.А. Конахина -№2006 143517/22; заявл. 07.12.06; опубл. 27.04.07. Бюл.12.
5. Патент РФ на пол. модель №109282 МПК F28D 11/04 Теплообменный элемент /Я.Д.Золотонос., И.И.Осыка, В.А.Никулин, Н.А.Фомин. - №2011117714/06; заявл.01.04.11.; опубл. 10.10.2011. Бюл.№28.
6. Патент РФ на пол. модель №113823 МПК F28D 11/04 Теплообменный элемент /Я.Д.Золотонос., С.А.Мустакимова, И.И.Осыка, В.А.Никулин. - №2011127714/06; заявл.06.07.11.; опубл. 27.02.2012. Бюл.№6.

*Башаров М.М.,
Тараскин М.М.,*

ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет»

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВ В НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

Авторами разработан комбинированный газосепаратор очистки газов и паров от капельной влаги. Сепаратор состоит из секции с мелкой неупорядочной насадки и секции с вихревыми элементами [1]. Расчеты по математической модели показывают эффективность очистки газов в данном аппарате 98-99% для капель > 3 мкм.

Рассмотрен пример использования разработанного комбинированного газосепаратора при энергосберегающей модернизации теплотехнологической схемы с колоннами ректификации в производстве фенола и ацетона на ОАО «Казаньоргсинтез».

Также рассмотрена энергосберегающая модернизация теплотехнологической схемы ректификации на установке получения моторных топлив Сургутского завода стабилизации газового конденсата (ЗСК).

На ОАО «Казаньоргсинтез» концентрирование гидроперекиси изопронила бензола (ГПИПБ) проводят на двух ректификационных колоннах под вакуумом. Поступающий оксидат объединяют с возвратной изопронилбензольной фракцией – дистиллятом второй по ходу колонны в емкость под атмосферным давлением и в количестве и по составу, подают в первую колонну дистиллят первой колонны – возвратную изопронил-бензольную фракцию – с содержанием ГПИПБ до 6,4 мас. % возвращают на узел окисления, а кубовую жидкость подают на вторую колонну. Кубовую жидкость второй колонны концентрируют до содержания 89-90 мас.%. ГПИПБ и направляют в производство фенола и ацетона, а дистиллят возвращают на первую колонну концентрирования через емкость, где он объединяет с оксидатом.

По данному способу выработка концентрированного ГПИПБ в пересчете на 100% содержания основного вещества составляет соответственно при содержании ГПИПБ в оксидате на уровне 20 мас. % и расходе 9046 кг/ч, при содержании 28 мас.% и расходе 13069 кг/ч.

Как показывает промышленная эксплуатация концентрация гидропероксида в готовом продукте практически не достигает 90 мас.%, а расход греющего пара составляет соответственно 9,6 т/ч.

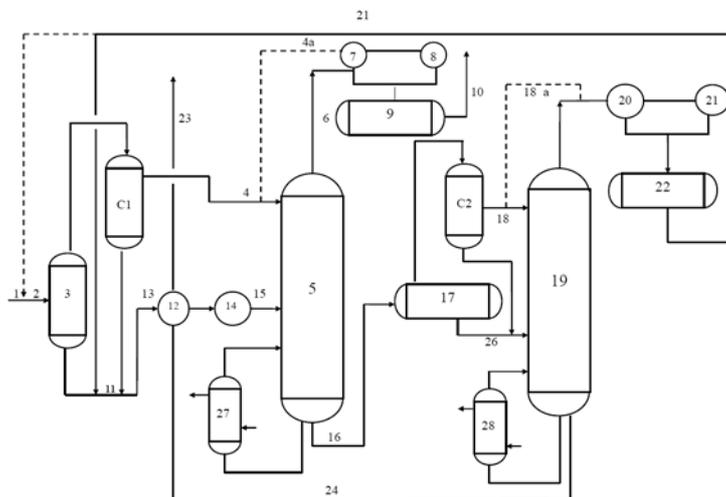


Рис.1 Модернизация тепло-технологической схемы с двумя газо-сепараторами

Рассмотрен вариант: дросселирование проводят как перед первой, так и перед второй ректификационными колоннами с отбором газовой фазы в количестве 19-21 мас. % от поступившего оксидата [2].

Кубовую жидкость колонны 5, отбираемую по линии 16, дросселируют в емкость 17 с отбором газовой фазы по линии 18 в верхнюю часть колонны 19 с последующей подачей по линии 23 возвратной фракции ИПБ также на концентрирование, а кубовую часть – концентрированный гидропероксид - по линии 24, а затем – в производство фенола и ацетона.

Сравнение основных показателей существующих и предлагаемых способов приведено в таблице 1.

Таблица 1

Показатели	Существующий способ	Предлагаемые способы	
		1 вариант	2 вариант
		Одноступенчатое дросселирование	Двухступенчатое дросселирование
Нагрузка по оксидату, кг/ч	57700	57700	57700
Выработка ГПИПБ (на 100%), кг/ч			
При ее концентрации оксидате			
20 мас %	9046	10033	10101
28 мас. %	13069	14275	14408
Расход водяного пара, т/т ГПИПБ	9,6	8,7	7,5
Концентрация ГПИПБ в готовой гидроперекиси мас. %	89,0-89,9	91,6-91,9	91,0-92,1

Т.о., как одно -, так и двухступенчатое дросселирование оксидата позволит увеличить производительность установки по концентрированию гидропероксида кумола на 10-12%, поднять концентрацию ГПИПБ товарного продукта на 2 абс. % и снизить расход водяного пара на 0,9-1,1 т/т гидропероксида, т.е. на 689-842 кВт на тонну продукции. Суммарная экономия составит около 46160 кВт на установку. Это приводит к годовому экономическому эффекту 369,3 Мвт или 1547 Гккал в год.

Далее рассмотрено использование газосепаратора на Сургутском заводе стабилизации газового конденсата.

Установка производства моторных топлив, входящая в состав комплекса производства моторных топлив Сургутского завода стабилизации конденсата (ЗСК), предназначена для переработки стабильного конденсата, производимого на установках стабилизации конденсата, с получением фракций начала кипения (НК) – 70 °С – компонента автобензина, бензиновой фракции 85–160°С, керосиновой фракции 140–240 °С, дизельной фракции 140–340 °С, фракции > 340 °С – тяжелого остатка переработки.

Энергия магнитного поля является одним из самых эффективных, экономичных и доступных видов энергии, ускоряющих различные процессы: увеличивается массо- и теплообмен, ускоряются химические реакции, снижаются механическое сопротивление и вязкость обрабатываемой среды. Депрессорные присадки в последние годы достаточно широко используются при транспорте высокопарафинистых вязких нефтей.

Из-за ухудшения реологических характеристик перекачиваемых с подогревом по магистральному трубопроводу «Уса-Ухта-Ярославль» нефтей Тимано-Печерского региона, встает вопрос о модернизации существующего способа перекачки высоkozастывающей смеси нефтей с использованием комплексных методов обработки физическими полями и депрессорных присадок.

Целью работы является изучение влияния химических реагентов и магнитной обработки на структурно-реологические свойства сборной усинской нефти, перекачиваемой по МН «Уса-Ухта-Ярославль».

Магнитная обработка осуществлялась с использованием магнитной системы устройства МАУТ (ПКФ «Экси-Кей», г. Томск), созданной на основе сплава Ne-Fe-B и обеспечивающей амплитуду магнитной индукции до 0,35 Т. Это позволяет создать неоднородное магнитное поле высокой плотности за счет конфигурации перпендикулярных и параллельных магнитных полей. В ходе работы исследуемые нефти по тефлоновой трубке диаметром 3,5 мм пропускались через магнитную систему при 20°C со скоростью 7,5 см³/мин.

Исследование температуры застывания проводилось на приборе «Кристалл», разработанном в Институте химии нефти СО РАН. Реологические характеристики нефти до и после МО определялись на рео-вискозиметре BROOKFIELD LVDV-III Ultra при температурах +40 °С, +30°C, +20°C и +15°C.

Исследуемая нефть является высоkozастывающей высокопарафинистой высокосмолистой и характеризуется повышенным содержанием парафинов (около 8 % мас.), смол и асфальтенов (16,9 % мас. и 3,3 % мас. соответственно). На рисунках 1 и 2 показано изменение вязкости образцов необработанной и магнитообработанной (МО) нефти в зависимости от скорости сдвига при различных температурах.

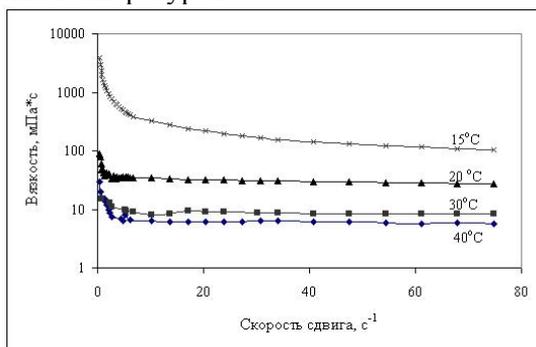


Рис.1 Изменение вязкости необработанной нефти в зависимости от скорости сдвига

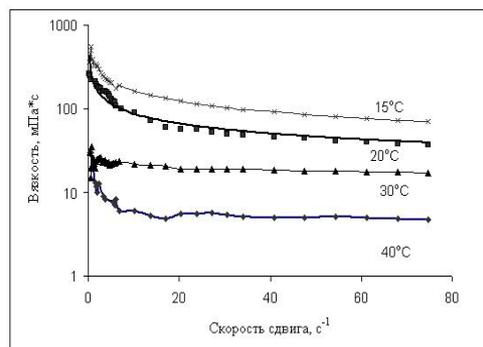


Рис.2 Изменение вязкости нефти в зависимости от скорости сдвига после обработки в магнитном поле

Во всем диапазоне температур скорость сдвига весьма существенно влияет на текучесть нефтей, и они обладают свойствами неньютоновских жидкостей при скоростях сдвига до 10 с⁻¹. При этом обработанная нефть в процессе течения проявляет ньютоновские свойства, реологическая кривая частично спрямляется, наблюдается существенное снижение значений предельного напряжения сдвига τ_0 и эффективной вязкости μ (таблица 1).

Таблица 1 – Реологические характеристики исследуемой нефти при различных температурах

Образец нефти	Температура застывания, °С	Предельное напряжение сдвига, Па			Пластическая вязкость, мПа*с		
		30°C	20°C	15°C	30°C	20°C	15°C
Необработанная	+1,4	0,1	0,2	11,4	8,3	27,6	103,6
Нефть после МО	+3,1	0,2	0,1	0,6	17,5	38,0	70,6

Нефть + присадка	-1,4	0,1	0,1	0,7	8,5	21,5	62,5
Нефть + присадка после МО	+2,5	0,2	9,2	10,3	7,5	44,7	336,8

После МО при температуре 30 °С наблюдается увеличение τ_0 в 2 раза, а при понижении до 20 и 15 °С, напротив, существенное снижение в 2 и 19 раз, соответственно. При температуре 30 и 20 °С у образца, обработанного в магнитном поле, происходит увеличение вязкости μ в 2 и 1,4 раза, соответственно. При снижении температуры до 15 °С вязкость нефти после МО снижается на 30 %.

Так же МО была подвергнута нефть, обработанная присадкой ДНП-1. Результаты проиллюстрированы на рисунках 3 и 4.

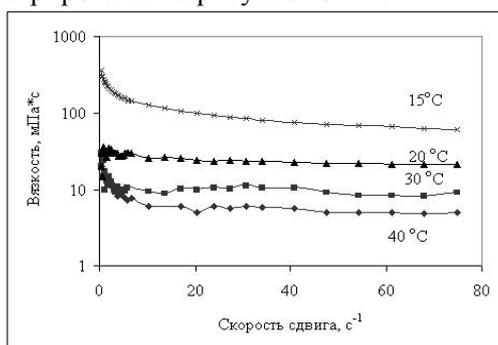


Рис.3 Изменение вязкости нефти, обработанной присадкой ДНП-1, в зависимости от скорости сдвига

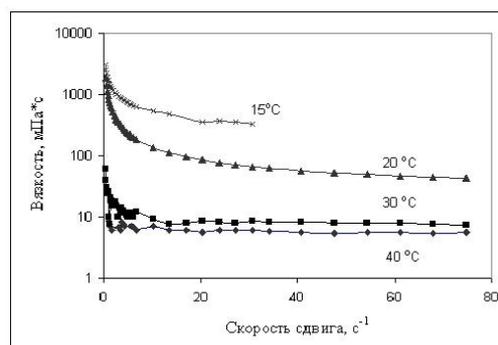


Рис.4 Изменение вязкости нефти, обработанной присадкой ДНП-1, в зависимости от скорости сдвига после обработки в магнитном поле

При температурах 40 и 30 °С наблюдается незначительное снижение вязкости по сравнению с образцом, не обработанным в магнитном поле, однако при более низких температурах μ возрастает в 2 и 5 раз.

Исследования температуры застывания показали, что обработка магнитным полем данной нефти не дает положительного эффекта, т.к. после МО температура застывания как обработанной, так и необработанной нефти повышается. Однако добавление присадки ДНП-1 в необработанную нефть позволяет снизить T_z на 3 °С.

Ввод присадки в нефть позволил снизить предельное напряжение сдвига и пластическую вязкость. При 15 °С добавление присадки позволяет снизить пластическую вязкость на 40 %, однако МО образца с присадкой приводит к ее росту в 5,4 раза.

Таким образом, было показано, что магнитная обработка магнитным устройством МАУТ сборной усинской нефти, обработанной депрессорной присадкой, приводит к ухудшению вязкостно-температурных характеристик в интервале температур 40 – 15 °С. При пропускании через магнитную систему нефти, необработанную депрессорной присадкой, также наблюдается увеличение вязкости при 40, 30 и 20 °С. Только при понижении температуры нефти до 15 °С вязкость снижается на 30 %, а предельное напряжение сдвига – в 19 раз.

Низкая эффективность магнитной обработки сборной усинской нефти может быть связана с высоким содержанием в нефти смол и асфальтенов, поляризация которых в магнитном поле вызывает глубокие структурные превращения, сопровождающиеся распадом структуры и возникновением за счет коагуляции новых более прочных нефтяных агрегатов.

НЕДОСТАТКИ КОНТАКТНОЙ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Повышенное потребление реактивной мощности электроприемниками или пониженный коэффициент мощности $\cos\varphi$ приводит к возрастанию тока, протекающего через сеть, увеличению потерь активной мощности, а также увеличению потерь напряжения [1, 2]. Поэтому снижение потребления реактивной мощности является актуальной задачей для таких производственных предприятий как ОАО «Нижнекамскнефтехим».

Для уменьшения потребления реактивной мощности из сети на ОАО «Нижнекамскнефтехим» проводятся следующие мероприятия:

- замена малозагруженных асинхронных электродвигателей на меньшую мощность;
- ограничение продолжительности работы асинхронных электродвигателей на холостом ходу;
- применение синхронных электродвигателей вместо асинхронных той же мощности в случаях, когда это возможно по условиям технологического процесса;
- применение конденсаторных батарей;
- регулирование тока возбуждения установленных синхронных двигателей.

Выполнение перечисленных мероприятий на ОАО «Нижнекамскнефтехим» позволяет поддерживать значения коэффициентов реактивной мощности на требуемом уровне.

С целью исследования технической реализации компенсации реактивной мощности синхронными двигателями на ОАО «Нижнекамскнефтехим», рассмотрен один из синхронных двигателей, установленных на заводе «ДБиУВС» и его возможности компенсации реактивной мощности. В рамках выполнения хозяйственной научной работы была рассчитана U-образная характеристика двигателя типа СТД-1600-2 с тиристорным возбуждением типа ВТЕ-320/75Т, которая приведена на рис. 1 [3].

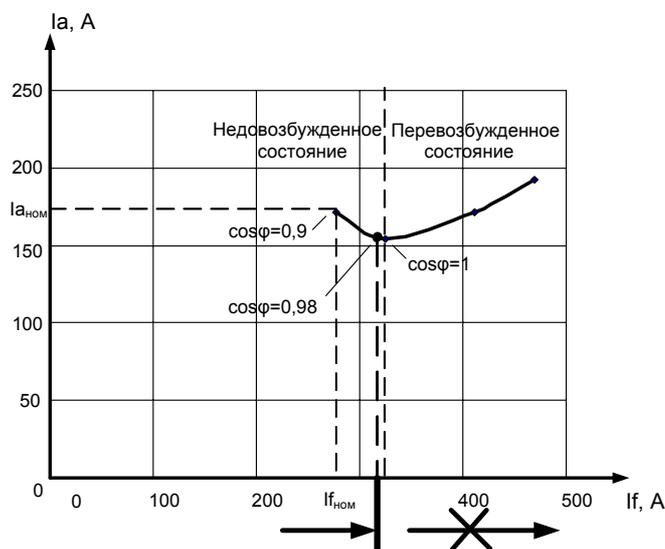


Рис. 1. U-образная характеристика двигателя СТД-1600-2

При работе двигателя в номинальном режиме его ток возбуждения $I_{\text{ном}}$ составляет 277 А, что соответствует $\cos\varphi = 0,9$, при этом он потребляет реактивную мощность. В стремлении уменьшить потребление реактивной мощности, ток возбуждения увеличивают до уровня $\cos\varphi = 0,98$ (рис. 1).

Компенсация реактивной мощности начинается, если увеличить ток возбуждения более 325 А. Однако, практически это осуществить невозможно потому, что при продолжительном увеличении тока возбуждения начинают гореть щетки и изнашивается контактное кольцо контактной системы возбуждения. Это вызывает необходимость останова двигателя и проведения ремонтных работ. В условиях непрерывного производства ОАО «Нижнекамскнефтехим» это нежелательно, кроме того, ремонт сопровождается значительными материальными и трудовыми затратами (необходимо

применить крановое оборудование, выполнить разбор двигателя, замену щеток, очистку контактного кольца). В связи с этим компенсацию реактивной мощности синхронными двигателями на ОАО «Нижнекамскнефтехим» практически не проводят, но уменьшают потребление реактивной мощности.

Решением проблемы продолжительного протекания повышенного тока возбуждения по контактному кольцу может быть улучшение конструкции самого контактного кольца в части улучшения теплоотвода с него. Одним из способов является нанесение прорезей на контактное кольцо с целью увеличения его площади.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вольдек А.И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. – 3-е изд., перераб. – Л.: Энергия, 1978. – 832 с., ил.
2. Кацман М.М. Электрические машины: Учеб. для студентов средн. проф. учебн. заведений. – 3-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2000. – 463 с.: ил.
3. Технический отчет по договору № 4600017718 от 24.11.11г. с ОАО «Нижнекамскнефтехим» «Разработка технического предложения по оснащению автоматизированными системами возбуждения технологических синхронных электроприводов завода ДБиУВС».

*Валиуллин Н.Р.,
Бредихина В.Ф.,*

ГБОУ СПО «Нижнекамский нефтехимический колледж»

СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРООБОГРЕВА

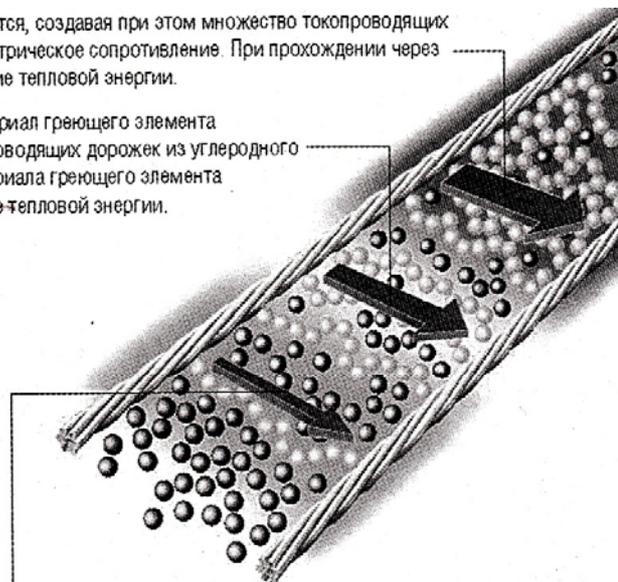
Приоритетной задачей для промышленности является рост объемов производства при стабилизации или снижении объемов абсолютного потребления первичных видов ресурсов. На предприятиях энергоресурсосбережение позволяет снизить издержки производства и в результате способствует увеличению прибыли.

Одним из способов экономии энергоресурсов является использование системы промышленного электрообогрева. Интерес промышленных предприятий к электрообогреву не случаен. Эта технология не только повышает надежность и безопасность работы технологических процессов, но и обеспечивает существенную экономию энергозатрат. В системе электрообогрева тепло вырабатывается только там, где оно требуется, а инфраструктура запитки греющего кабеля (силовой кабель) является холодной, в противоположность паровому, где как подача пара в пароспутник, так и отвод конденсата являются горячими и, соответственно, потребителями тепла и источником дополнительных теплопотерь. Отсутствие утечек теплоносителя в случае электрообогрева существенно повышает срок службы теплоизоляции.

Подбор кабелей осуществляется на основании расчета теплопотерь рассматриваемого объекта с учетом типа и толщины теплоизоляции при самых критических заданных условиях (например, температура окружающей среды -40°C и ниже). Тип кабеля подбирается таким образом, чтобы компенсировать такие теплопотери, а конструкция саморегулируемых греющих кабелей позволяет резать их на необходимые мерные длины непосредственно на объекте монтажа. Используются различные системы электрообогрева на основе саморегулируемых греющих кабелей, кабелей с постоянной вырабатываемой мощностью, греющих кабелей с минеральной изоляцией, системы обогрева методом скин-эффекта.

Когда труба холодная, материал греющего элемента сжимается, создавая при этом множество токопроводящих дорожек из углеродного материала, снижая тем самым электрическое сопротивление. При прохождении через греющий элемент электрического тока происходит выделение тепловой энергии.

В более теплых участках греющего кабеля материал греющего элемента расширяется, сокращая при этом число токопроводящих дорожек из углеродного материала. Электрическое сопротивление материала греющего элемента повышается, в результате снижается выделение тепловой энергии.



В горячих участках греющего кабеля расширения материала греющего элемента практически полностью разрывает токопроводящие дорожки. При этом электрическое сопротивление материала становится очень высоким, что приводит к значительному снижению выделения тепловой энергии.

Рис. 1. Конструкция саморегулируемого греющего кабеля

Саморегулируемые и самоограничивающие системы обогрева используются для сложных систем трубопроводов и оборудования с температурой нагрева до 250°C и длиной до 250 м. Греющие кабели параллельного типа могут быть нарезаны на участки необходимой длины и снабжены концевой заделкой на месте монтажа; системы на их основе легко проектировать, монтировать и обслуживать. Кабели этой группы питаются от сети 220 В и состоят из двух медных токоведущих жил с саморегулируемым токопроводящим греющим элементом между ними, заключенными в внутреннюю фторполимерную изоляцию, поверх которой находится оплетка из луженой меди и наружная фторполимерная оболочка, выдерживающая воздействие как неорганических так и органических химически агрессивных сред.

Греющие кабели используются для обогрева внутриплощадочных трубопроводов, резервуаров, запорной арматуры, технологических аппаратов и т.п.

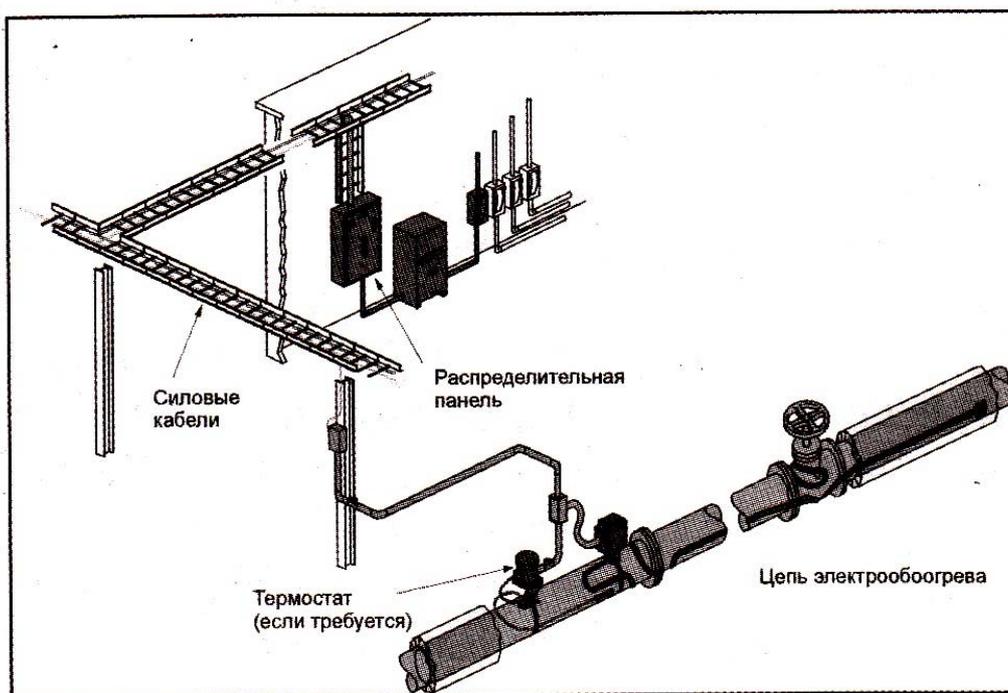


Рис. 2. Схема подсоединения цепи электрообогрева

Для обогрева трубопроводов большой протяженности выпускаются греющие кабели с постоянно вырабатываемой мощностью с полимерной изоляцией последовательного сопротивления (марки ICW и ХРІ). Эти кабели рассчитаны на напряжение питания от 220 до 600 В и могут использоваться при температурах до 300°С. Греющие кабели с постоянной вырабатываемой мощностью применяют для обогрева трубопроводов протяженностью от 500 до 5 000 метров (межплощадочные и межцеховые трубопроводы, водоводы и т.п.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник справочной информации для руководящих работников и ведущих специалистов предприятий энергетики, нефтяной, газовой и химической промышленности республики Татарстан. Выпуск II. Энергетика и нефтехимический комплекс Татарстана в начале XXI века. Центр экспертиз и анализа. Казань. 2006 г.

*Гавариев А.Н.,
Целоусова А.Р.,
Галимова А.Т.,
Сагдеев А.А.,*

*Нижнекамский химико-технологический институт
(филиал) ФГБОУ ВПО «КНИГУ»*

СВЕРХКРИТИЧЕСКИЕ ФЛЮИДНЫЕ ЭКСТРАГЕНТЫ – КАК ОСНОВА РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Технологии, основанные на использовании суб- и сверхкритических флюидов, несмотря на достаточно молодой возраст, успешно и активно используются во многих отраслях промышленного производства и признаны технологиями XXI века. Обладая высокой диффузионной способностью и в то же время, хорошей растворяющей способностью сверхкритические флюиды активно используются в процессах экстракции.

Сверхкритическая флюидная экстракция с использованием диоксида углерода (CO₂) в качестве растворителя оказалась превосходной альтернативой применению химических растворителей, что весьма целесообразно по экологическим и экономическим соображениям, а также позволило сократить время и увеличить эффективность обработки.

Диоксид углерода стал лидером в мире сверхкритических технологий, поскольку обладает целым комплексом преимуществ. Перевести его в сверхкритическое состояние достаточно легко ($t_{кр} = 31^{\circ}\text{C}$, $p_{кр} = 73,8\text{атм.}$), кроме того, он не токсичен, не горюч, не взрывоопасен и к тому же дешев и доступен. Особую привлекательность ему придает то, что он является составной частью атмосферного воздуха и, следовательно, не загрязняет окружающую среду. Сверхкритический CO₂ можно считать экологически абсолютно чистым растворителем.

Фармацевтическая промышленность одна из первых обратилась к новой технологии, поскольку сверхкритические флюиды позволяют наиболее полно выделять биологически активные вещества из растительного сырья, сохраняя неизменным их состав. Новая технология полностью соответствует современным санитарно-гигиеническим нормам производства лекарственных препаратов. Кроме того, исключается стадия отгонки экстрагирующего растворителя и последующей очистки для повторных циклов. В настоящее время организовано производство некоторых витаминов, стероидов и других препаратов по такой технологии.

Кофеин – препарат, используемый для улучшения деятельности сердечно-сосудистой системы, получают из кофейных зерен даже без предварительного их измельчения. Полнота извлечения достигается за счет высокой проникающей способности сверхкритических флюидов. Зерна помещают в автоклав – емкость, выдерживающую повышенное давление, затем подают в него газообразный CO₂, и далее создают необходимое давление (>73 атм.), в результате чего CO₂ переходит в сверхкритическое состояние. Все содержимое перемешивают, после чего флюид вместе с растворенным кофеином сливают в открытую емкость. Диоксид углерода, оказавшись в условиях атмосферного давления, превращается в газ и улетает в атмосферу, а экстрагированный кофеин остается в открытой емкости в чистом виде.

В производстве косметических и парфюмерных препаратов СКФ-технологии используются для извлечения эфирных масел, витаминов, фитонцидов из растительных и животных продуктов. В

извлеченных веществах нет следов растворителя, а мягкий способ извлечения позволяет сохранить их биологическую активность.

Экстракты, полученные с помощью сверхкритического диоксида углерода, намного более концентрированы по сравнению с экстрактами, извлеченными путем использования в качестве растворителя пропиленгликоля, который оставался в полученном растительном продукте (и таким образом должен был быть в качестве составляющей данного косметического средства). Полученные с помощью двуокиси углерода экстракты состоят исключительно из ничем не разбавленных компонентов сырья и поэтому могут использоваться лишь в маленьких дозах. Примерами таких экстрактов, которые уже используются известными производителями косметики и хорошо себя зарекомендовали являются немецкая ромашка, розмарин, шалфей.

Немецкая ромашка – один из наиболее популярных и хорошо описанных видов растительного сырья, используемого при производстве косметики для ухода за кожей, спрос на который постоянно растет. Ромашка находит широкое применение благодаря большому содержанию матрикарин и высокому коэффициенту бисаболола. В косметических препаратах ромашка используется в виде гидроспиртовых экстрактов, эфирных масел, полученных в результате перегонки водяным паром, и экстрактов, выделенных при помощи сверхкритического диоксида углерода, и представляет собой хороший пример использования технологии сверхкритической экстракции. Эфирное масло, полученное путем перегонки с водяным паром, имеет голубой цвет, который ему придает хамазулен, представляющий собой преобразованный в процессе перегонки матрикарин, который является основным компонентом растения. Это важно, так как матрикарин обладает превосходным противовоспалительным действием по сравнению с хамазуленом, который является продуктом его распада. Более того, в экстракте, полученном с помощью диоксида углерода, полностью сохраняются чувствительные к внешним воздействиям ароматические вещества, поэтому такой экстракт обладает свежим и более близким к натуральному ароматом ромашки по сравнению с продуктом перегонки с водяным паром.

Экстракты календулы с давних пор применяются в дерматологии и косметологии. недавние исследования ясно показали, что с помощью экстракции в сверхкритическом диоксиде углерода можно получить продукт высокого качества, который по своему местному противовоспалительному воздействию превосходит гидроспиртовой (70%) экстракт, полученный из того же сырья. В качестве экспериментальной модели был использован вызванный кретоновым маслом отек уха мыши.

Гидроспиртовый экстракт дал умеренный эффект, в то время как экстракт, полученный с помощью сверхкритического диоксида углерода, оказался на 70% эффективнее при его добавлении в лекарственный препарат и на 350% эффективнее при применении в чистом виде. Чистый индометацин - один из наиболее сильных нестероидных противовоспалительных лекарственных препаратов оказался лишь в 10 раз активнее такого экстракта календулы. В ходе дальнейших исследований была изучена химическая природа активных веществ, делающих применение календулы таким эффективным. Экстракты календулы не раздражают даже чувствительную кожу в отличие от экстрактов арники, обладающих таким же действием. В косметических препаратах экстракты календулы применяются в дозировке до 10 г экстракта на 100 г продукта при использовании 0,4% экстракта календулы, полученного с помощью сверхкритического диоксида углерода. крем с экстрактом календулы используется для ухода за чувствительной сухой кожей. Такой крем улучшает защитные свойства кожи, снижает влияние на нее внешних химических или механических раздражителей, устраняет повреждения кожи путем стимулирования деления клеток, оказывает противовоспалительное действие и разглаживает кожу. Календула также применяется при изготовлении лосьонов и тоников для лица, молочка для защиты от солнца, продуктов после бритья, губных помад и шампуней для волос.

Розмарин и шалфей широко известны благодаря своим эфирным маслам, которые используются при изготовлении препаратов для ухода за полостью рта, масел для ванн и массажа, кроме того, они также являются источником высоко активных антиоксидантов, принадлежащих к группе дитерпен фенолов, которые содержатся в обоих растениях. Антиоксиданты – важные составляющие косметических препаратов, продлевающие их срок хранения. Наиболее заметные изменения, вызываемые процессом окисления, - потеря приятного запаха, разрушение витаминов и активных веществ, обесцвечивание, особенно каротиноидов, и прогоркание продукта. Все эти явления происходят под воздействием солнечного света и тепла.

Даже при использовании улучшенных методов производства, современных упаковочных материалов и прочих приемов, чтобы задержать развитие окислительных процессов, все равно остается потребность в антиоксидантах, которые позволяют максимально продлить годность

продукции, кроме того, антиоксиданты могут защитить кожу от воздействия свободных радикалов, образующихся в результате влияния окружающей среды и ультрафиолетового излучения.

Экстракты розмарина и шалфея как новое поколение антиоксидантов пользуются спросом среди производителей в качестве растительных функциональных добавок. Активные вещества могут быть получены путем экстракции в сверхкритическом диоксиде углерода, который прекрасно подходит для этой цели, при высоких давлениях или при добавлении небольшого количества этанола в качестве азеотропообразователя. Экстракция в сверхкритическом CO₂ позволяет производить концентрированные и соответствующие стандартам продукты с содержанием активных дитерпен фенолов и сохранением аромата.

Более того, экстракция с применением сверхкритической двуокиси углерода дает продукты наилучшего состава, так как в них сохраняется такой важный компонент как чистая карнозоловая кислота.

Было показано, что экстракция с применением диоксида углерода - щадящий способ производства олеофильных растительных экстрактов, в которых, к тому же, не остается растворителя, этот метод, как и экстракционная композиция высокого качества, очень близкая по составу к натуральному сырью, заслужил признание производителей. В некоторых случаях с помощью такого вида экстракции можно получить продукты, которые трудно извлечь при классических методах. Экстракты, выделенные с применением сверхкритического CO₂ могут считаться полезным дополнением к другим видам экстрактов и являются новым эффективным инструментом, который позволит создавать новую косметику по уходу за кожей, основанную на растительных компонентах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тухватова А.Т., Сагдеев А.А., Амирханова Д.Г., Гумеров Ф.М. Особенности применения сверхкритических флюидов в пищевой, фармацевтической и парфюмерной промышленности. Материалы Межвузовской научно-практической конференции студентов и аспирантов, посвященной 40-летию города Нижнекамска «Актуальные проблемы образования, науки и производства» / Нижнекамск, 2006, с.69-70.

2. Сенчило О.П., Попова И.Ю. О возможностях применения сверхкритических технологий в пищевой промышленности. Тезисы докладов I международной научно-практической конференции «Сверхкритические флюидные технологии: инновационный потенциал России». Ростов – на – Дону, 2004, с. 92-98

3. Extraction and Fractionation of Spices Using Supercritical Fluid Carbon Dioxide. 5th Meeting on Supercritical Fluids : Materials and Natural Processing, NICE (France), March 1998

4. Растительные экстракты и косметика по уходу за кожей. Тезисы докладов II международной научно-практической конференции «Сверхкритические флюидные технологии: инновационный потенциал России». Ростов – на – Дону, 2005.

Галлямов Р.Ф.,

Сагдеев А.А.,

*Нижнекамский химико-технологический институт
(филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ»;*

Гумеров Ф.М.,

*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»;*

Галлямов И.И.,

*Нижнекамский химико-технологический институт
(филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ»*

СВЕРХКРИТИЧЕСКАЯ ФЛЮИДНАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ КАТАЛИЗАТОРА «НИКЕЛЬ НА КИЗЕЛЬГУРЕ»

Гидрирование жидких и газообразных углеводородов часто проводят в присутствии никелевых катализаторов, которые иногда более активны, чем платиновые или палладиевые катализаторы. Так, например, никелевые катализаторы применяются в процессе гидрирования ненасыщенных углеводородов, и в частности, катализатор «никель на кизельгуре» используется в процессе очистки изопрена от ацетиленовых соединений.

В процессе работы происходит ухудшение показателей процесса каталитического гидрирования, вследствие отложения кокса на поверхности катализатора. Для восстановления рабочих свойств катализатора, проводят его регенерацию кислородосодержащими газами при температурах катализа и выше.

Однако, традиционные методы регенерации с помощью кислородосодержащего газа, являются многостадийными, трудоемкими и энергозатратными.

Вышеотмеченные недостатки обосновывают поиск новых энергосберегающих методов регенерации катализаторов, которые можно было бы реализовывать в неагрессивных и инертных средах. Одним из перспективных методов в современном катализе является процесс сверхкритической флюидной – CO₂ экстракции (CO₂-СКФЭ процесс).

Определение возможности регенерации закоксованного катализатора с использованием сверхкритического флюидного – CO₂ экстракционного процесса, предполагает знание растворимости чистых компонентов кокса в сверхкритическом диоксиде углерода.

Для определения качественного и количественного состава экстракта дезактивирующих соединений проведен анализ методом хромато-масс-спектрометрии. Исследование состава экстракта проводили на хроматографе "Кристалл Люкс 4000", с идентификацией обнаруженных компонентов на хромато-масс-спектрометре DSQ (Thermo Electron Corporation, США).

Таблица 1. Данные хромато-масс-спектрометрического анализа экстракта дезактивированного катализатора.

Наименование	Массовая доля %
Гексан	7,8
N,N-диметилформаид (ДМФА)	4,78
Толуол	8,4
Олигомеры изопрена (C ₁₁ H ₂₂ -C ₁₅ H ₃₀)	55,4
Парафины	20-25

По результатам анализов видно, что наибольшее количество соединений, дезактивирующих катализатор, приходится на олигомеры изопрена. Поэтому, было бы логичным, при исследовании возможности регенерации катализатора и экстракции дезактивирующих соединений, изучить растворимость олигомеров изопрена в сверхкритическом диоксиде углерода. Однако получить олигомер изопрена в том виде, в котором он присутствует в коксе, не представляется возможным. В отличие от полимеров свойства олигомеров сильно зависят от изменения количества повторяющихся звеньев в молекуле и природы концевых групп.

Растворимость остальных компонентов кокса в сверхкритическом диоксиде углерода, кроме диметилформамида, были широко изучены в других работах.

Исходя из этого, была исследована растворимость ДМФА в сверхкритическом диоксиде углерода.

Результаты измерения растворимости ДМФА в сверхкритическом диоксиде углерода представлены на рис. 1

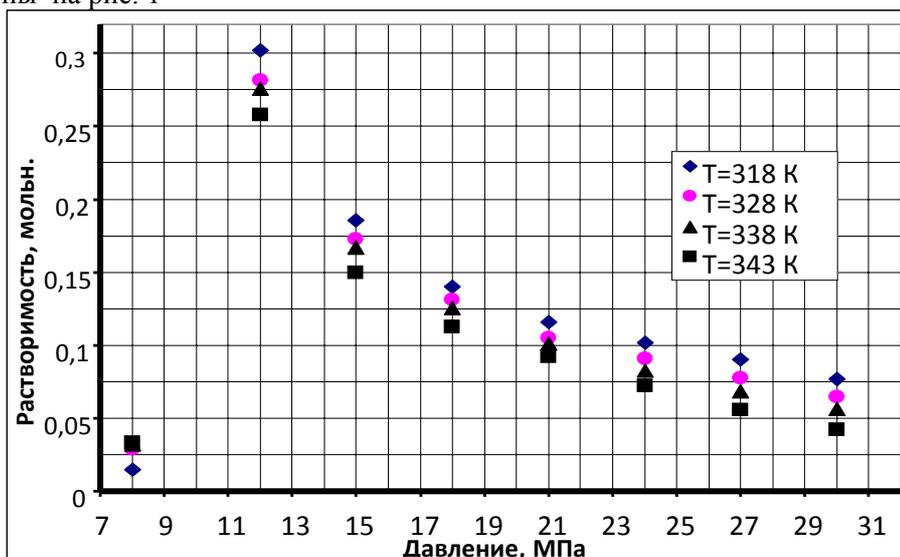


Рис 1. Растворимость ДМФА в сверхкритическом диоксиде углерода

Вышеприведенное исследование растворимости компонентов кокса, говорит о возможности успешной реализации процесса регенерации катализатора с использованием сверхкритического флюидного – CO₂ экстракционного процесса.

В работе [1] было установлено, что наличие модификатора (метанол 3 % масс.) основного экстрагента позволяеткратно увеличить возможности CO₂-СКФЭ-процесса. Достижение конечного результата требует установления оптимальной физико-химической природы соразтворителя, а также оптимальной концентрации полярной добавки.

Исходя из этого, было исследовано влияние соразтворителей различной природы на изменение массы катализатора. В качестве таковых были выбраны хлороформ, метанол, ацетон и диметилсульфоксид (ДМСО). Результаты измерений изменения массы катализатора в зависимости от концентрации различных соразтворителей представлены на рис. 2. Во всех случаях оптимальная концентрация соразтворителя равна примерно 7 % массовым.

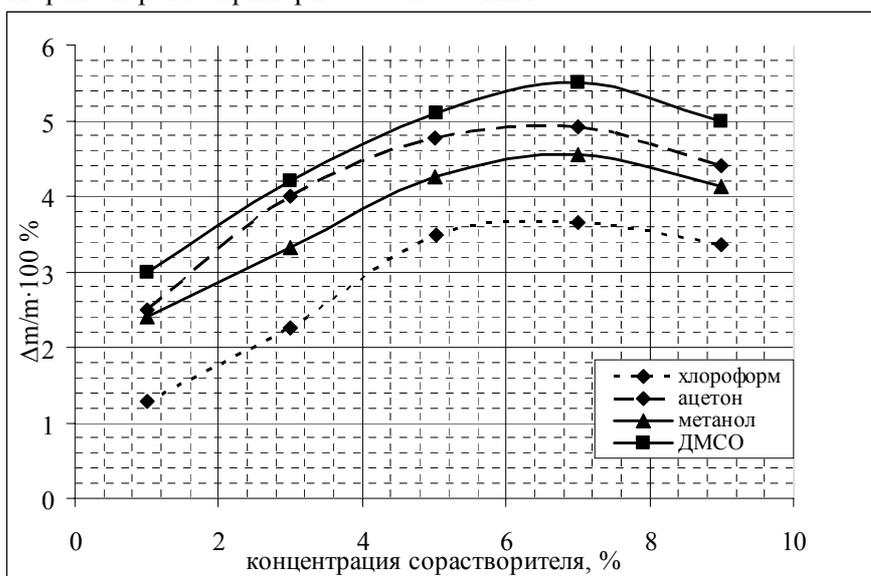


Рис. 2 - Влияние соразтворителей различной природы на изменение массы катализатора при T=343 К и P=20 МПа.

Кинетика изменения массы катализатора в процессе сверхкритической флюидной регенерации с использованием диоксида углерода, модифицированного оптимальной концентрацией (7% масс.) полярных добавок и осуществленного при T = 423 К и P = 30 МПа приведена на рис. 3.

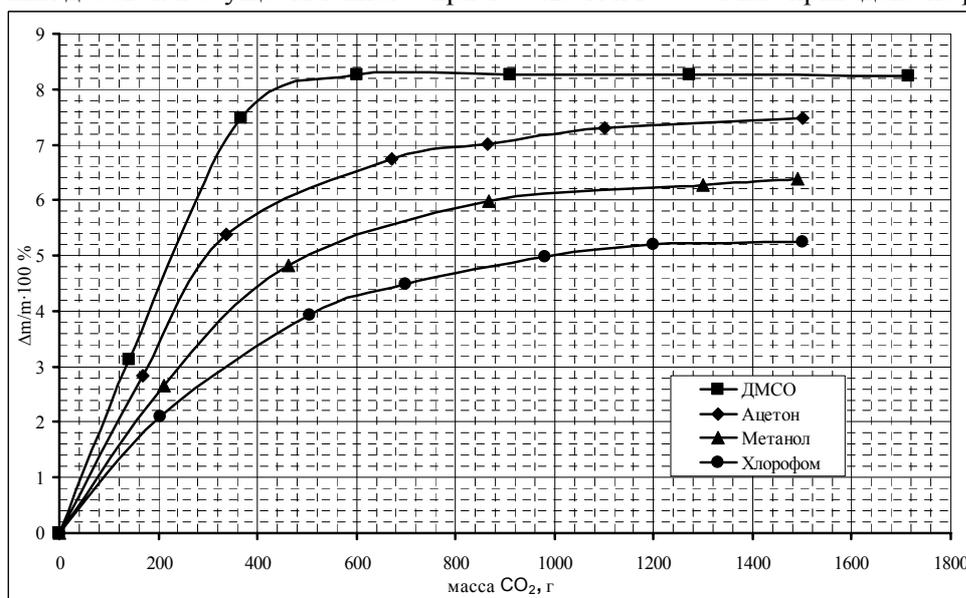


Рис. 3 - Изменения массы катализатора в процессе его регенерации в зависимости от массы использованного экстрагента (модифицированный CO₂).

Как видно из рис. 3, наибольшая степень извлечения дезактивирующих соединений обеспечивается при использовании в качестве соразтворителя диметилсульфоксида. Этот

сорастворитель обладает более высокой полярностью (13,5·10⁻³⁰ Кл·м), по сравнению с остальными веществами (хлороформ – 3,8·10⁻³⁰ Кл·м, метанол – 5,7·10⁻³⁰ Кл·м, ацетон - 9·10⁻³⁰ Кл·м) [2], что и позволяет наиболее полным образом экстрагировать полярные соединения.

Исследование активности катализатора «никель на кизельгуре» после процесса регенерации с использованием сверхкритического флюидного CO₂ – экстракционного процесса описана в работе [3], где отмечается, что сверхкритическая флюидная регенерация полностью восстанавливает активность катализатора.

Таким образом, процесс сверхкритической флюидной CO₂ – экстракции в целях регенерации отработанных промышленных катализаторов, может с успехом заменить традиционные методы регенерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галлямов, Р.Ф. Регенерация катализатора «Никель на кизельгуре» с использованием сверхкритического флюидного CO₂-экстракционного процесса.// Р.Ф. Галлямов, А.А. Сагдеев, Ф.М. Гумеров, Ф.Р. Габитов. Вестник КГТУ 2009 № 3. Ч.1. 7-15 с.
2. Химическая энциклопедия. Т 1 – 5. под. ред. И.Л. Кнунянц. – Москва : Советская энциклопедия, 1988. - 625 с.
3. Галлямов, Р.Ф. Регенерация катализатора «никель на кизельгуре» с использованием сверхкритического диоксида углерода / Р.Ф. Галлямов, А.А. Сагдеев, Ф.М. Гумеров, Ф.Р. Габитов // Сверхкритические флюиды: теория и практика. - 2010. - Т.5. №1. - С. 40-51.

*Дмитриева Е.А.,
Ерахтин А.В.,
Петухова Л.А.,
Григорьев Е.И.,
Петухов А.А.,*

*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»*

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА РАСТВОРИТЕЛЯ НА СОСТОЯНИЕ МОЛИБДЕНСОДЕРЖАЩЕГО КАТАЛИЗАТОРА В РАСТВОРЕ

В лабораторных условиях проведен комплекс поисковых работ по усовершенствованию технологии приготовления катализаторов эпоксидирования с использованием для синтеза нового набора растворителей, таких как спирты, гликоли и кетоны, позволяющих значительно улучшить технологические и каталитические свойства контакта.

Приготовленные по новой прописи образцы катализатора, содержащие 0,5-4 % масс растворенного молибдена в расчете на металл, были обследованы с использованием методов ИК- и электронной спектроскопии. В ИК-спектрах образцов отмечено поглощение отнесенное нами к колебаниям концевых –Mo=O и внутренних –Mo-O-Mo- групп.

Цвет приготовленных образцов катализатора в зависимости от содержания в них растворенного молибдена изменялся от светло-желтого до темно-красно-коричневого и интенсивного темно-синего.

Сделан вывод, что в образцах, окрашенных в светло-желтый и коричневый цвет, характеризующихся поглощением в области $\lambda = 345-540$ нм, растворенный молибден находится в мономерной или димерной форме и в валентном состоянии 4⁺, 5⁺ и 6⁺. Образцы, окрашенные в синий цвет, содержат три полосы поглощения с максимумами 690-710 нм, 820-830 нм, 930-1030 нм. Что свидетельствует о наличии в них комплексов с соотношением Mo(V):Mo(VI)=1:2 в изополианионах с различным числом атомов молибдена, преимущественно в виде олигомеров, содержащих 7-8 ядер молибдена [1, 2].

В результате обследования была выделена группа образцов, в электронных спектрах которых наблюдалось сильное возрастание оптической плотности и значительное уширение полосы при $\lambda=1020$ нм. Эти образцы катализатора проявили тенденцию к нестабильности раствора при хранении в течение 2-3 суток, характеризующейся изменением интенсивности и глубины цвета и образованием темно-синего или белого осадка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петухова Л.А. Дисс. канд хим. наук КНИТУ, Казань, 2011г.

2. Петухова Л.А. и др. Влияние фенола на свойства катализатора эпоксидирования пропилена гидроперекисью этилбензола /Л.А. Петухова, Е.В. Куск, Х.Э.Халлампи, Ю.И.Сальников. // Вестник Казанского технологического университета.- 2008. - №6, Часть 1. - С.71-77.

*Золотонос А.Я.,
Золотонос Я.Д.,
Горская Т.Ю.,*

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ТИПА «ТРУБА В ТРУБЕ» С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПОВЕРХНОСТЬЮ ТЕПЛООБМЕНА «КОНФУЗОР – ДИФФУЗОР»

Авторами [1,2] предложены варианты конструкций аппаратов с криволинейной теплообменной поверхностью и оребренной проточной частью (рис.1). Предварительные исследования показали высокую тепловую эффективность предлагаемого класса аппаратов при умеренном гидросопротивлении их проточной части.

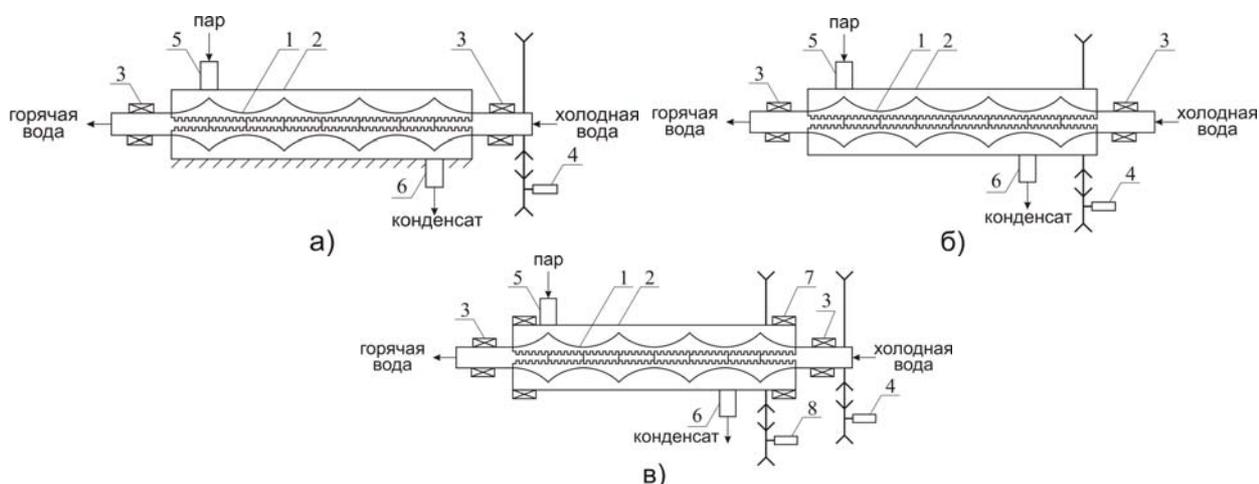


Рис. 1 Схемы теплообменников с вращающейся рабочей поверхностью

Вращающаяся теплообменная поверхность таких аппаратов может быть с прямыми и криволинейными стенками, круглого и овального сечения, с оребренной и неоребренной проточной частью, выполненная накаткой или сформированная в виде пружинно-витой трубы, витки которой образуют круглый или эллиптический тор и жестко скреплены.

Анализ результатов, полученных при численном решении сопряженной задачи показал, что имеет место рост скорости на оси (в сравнении с трубой, выполненной в виде чередующихся усеченных прямых конусов) обусловлен общим снижением гидравлического сопротивления за счет профилирования входной кромки и проточной части канала. В криволинейном канале с оребрением ввиду дополнительного трения жидкости о поверхность ребер происходит снижение скорости у внутренних поверхностей трубы, а, поскольку расход жидкости в целом остается постоянным, скорость среды на оси канала возрастает.

Общий характер изменения температуры по длине канала согласуется с данными работы [3]. Анализ также показывает, что за счет профилирования стенок температурный нагрев увеличивается в среднем в 1.25 раза, а за счет оребрения проточной части практически в 2 раза, при этом длина проточной части канала может быть сокращена почти в два раза, что подтверждается зависимостью расчетной длины аппарата от средней температуры (рис 2).

На рис. 5 представлены результаты расчетов безразмерных значений давлений по длине каналов с прямой стенкой, криволинейной стенкой и криволинейной стенкой с внутренним оребрением. Как видно из представленных данных наибольшее значение безразмерного давления имеют каналы с прямыми стенками (при длине канала 4.2м), а наименьшее – криволинейные каналы с внутренним оребрением (при длине канала 2.1м). Соотношение между значениями безразмерного давления в рассматриваемых каналах составляет порядка 17%.

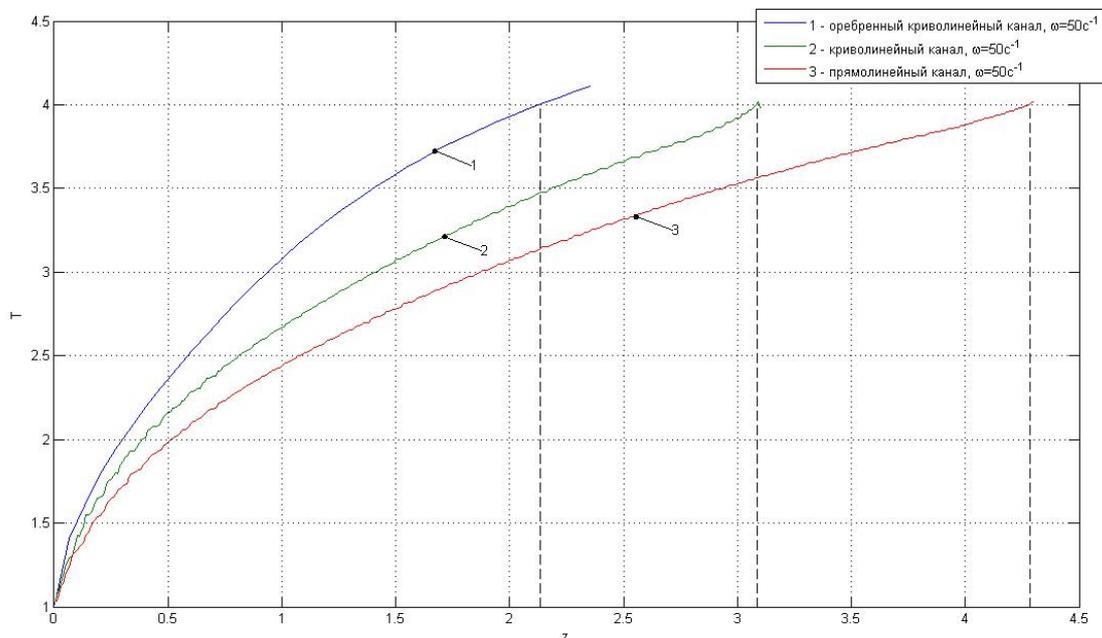


Рис. 2. Графическая зависимость расчетной длины аппарата от температуры

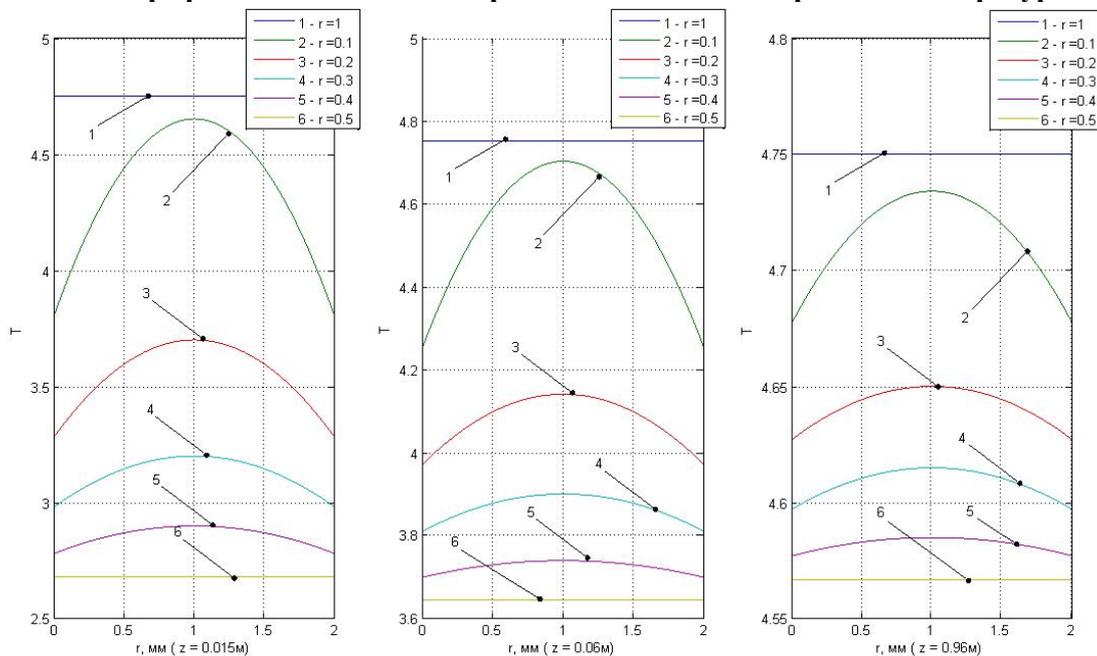


Рис. 3. Формирование профилей температур в ребре по длине канала «конфузор - диффузор» ($\omega = 50c^{-1}$)

На рисунках 3, 4 представлен характер распределения поля температур внутри ребра имеющий явно выраженный параболический вид. При этом по мере движения к основанию ребра температурное поле трансформируется в однородное поле температур, графически представленное «пологими» параболоми. При движении вдоль проточной части канала температурное поле в ребрах выравнивается и, приближаясь к температуре стенки, приобретают вид «пологих» парабол. Что касается особенностей изменения температуры в прорезях ребра, где осуществляется прогрев жидкости, в этом случае изменение температуры идет медленнее из-за низкой теплопроводности жидкости, а температурное поле имеет однородный характер, представленное графиками в виде параллельных прямых.

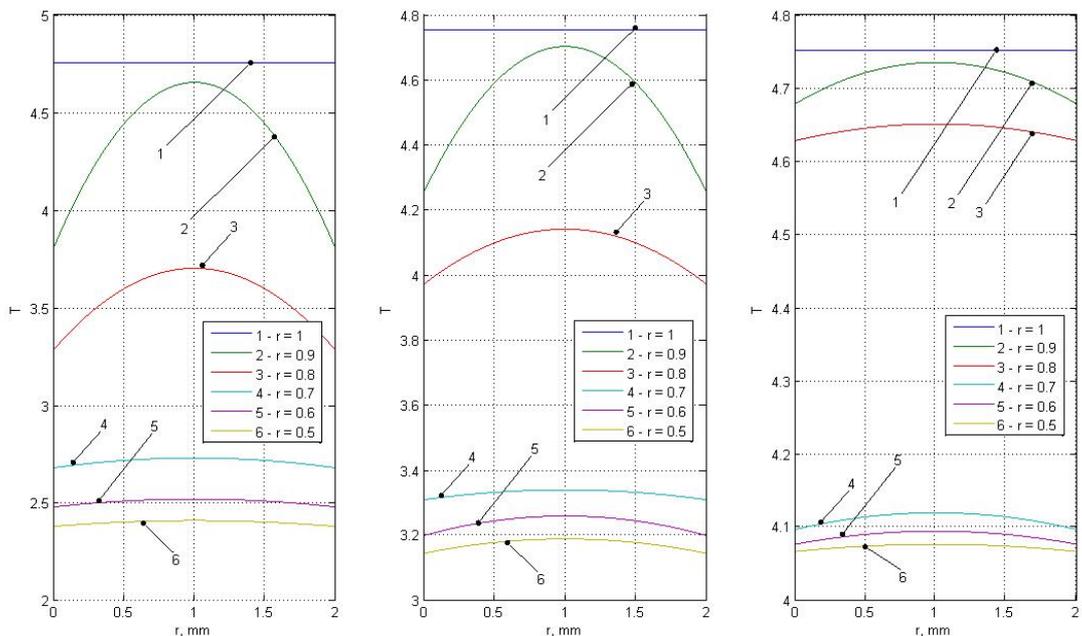


Рис. 4 Формирование профилей температур в прорезях ребра по длине канала «конфузор - диффузор» ($\omega = 50c^{-1}$)

Рассматриваемый класс теплообменных элементов разработан для целей модернизации и реконструкции существующего физически изношенного парка кожухотрубчатого теплообменного оборудования путем замены гладкотрубных теплообменных элементов трубами типа «конфузор-диффузор» или пружинно-витыми каналами (рис. 5), а также для производства на их базе широкой номенклатуры современного теплообменного оборудования для различных отраслей промышленности.

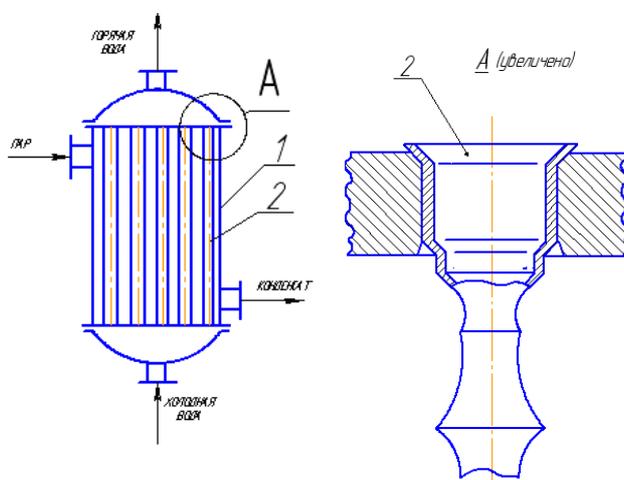


Рис.5 Кожухотрубный теплообменник с теплообменными элементами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Золотонос Я.Д., Золотонос А.Я. Теоретические и экспериментальные исследования гидродинамики и теплообмена в неподвижных и вращающихся каналах различной формы // КазГАСУ. Казань. 2010. 128с. Деп. ВИНТИ 02.08.10; №476 – В2010.
2. Патент РФ №2306518 Аппарат для проведения процессов теплообмена / Золотонос А.Я., Золотонос Я.Д. № 2006105076/06 заявл. 17.02.06; опубл. 20.02.06. Бюл. №26.
3. Пантелева Л.Р. Теплообмен при ламинарном течении вязкой жидкости в теплообменных устройствах типа «труба в трубе» с вращающейся поверхностью «конфузор-диффузор». Дисс. канд. техн. наук. – Казань. 2005-116с.

ВЛИЯНИЕ ШЛАМА КАК ОТХОДА ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ НА АДГЕЗИЮ ПОЛИУРЕТАНОВОГО ПОКРЫТИЯ К МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКЕ

Традиционным методом антикоррозионной защиты металлов является гальваническая обработка электролитами поверхности, в результате которой образуется огромное количество гальваношлама, представляющего высушенные гидроксиды цинка, меди, никеля и т.д. [1]. Гальваношламы, как правило, не используются в дальнейших нуждах завода и утилизируются путем складирования на производственных площадках, представляя собой большую угрозу для окружающей среды.

Сегодня существуют также современные способы защиты различных типов поверхностей от негативного воздействия окружающей среды – использование защитных полимерных покрытий. Полимерные покрытия являются более устойчивыми к действию коррозии, обладают хорошими прочностными характеристиками. Для защиты металла от действия воды, особенно морской, в последнее время популярно использовать «холодное» цинкование поверхности путем нанесения полиуретанового покрытия, наполненного порошком цинка. Наполнение металлическим порошком полимера повышает его антикоррозионные, прочностные показатели, адгезию покрытия к защищаемой поверхности.

Для получения большего экономического эффекта при защите поверхности от коррозии и для получения покрытия с повышенными прочностными характеристиками предлагается использовать в качестве металлического порошкового наполнителя гальваношлам. Таким образом, будут решаться одновременно две задачи: улучшение физико-механических свойств полимера и безопасная утилизация гальваношлама [2].

Данная работа посвящена изучению влияния гальваношлама как наполнителя на адгезию полиуретанового покрытия к металлической подложке.

Адгезия – очень важный показатель для защитного покрытия, определяющий силу сцепления с подложкой. Адгезия покрытия к подложке оценивается при помощи адгезионной прочности, которая определяется экспериментально различными методами отрыва пленок [3].

Адгезия вызвана взаимодействием между молекулами (атомами) контактирующих тел. Природа подобной межмолекулярной связи разная, так как она может возникнуть за счет ориентационного, индукционного и дисперсного взаимодействий, имеющих электромагнитную природу.

Величина адгезионной прочности покрытия зависит в сильной степени от природы поверхности – субстрата. Большинство строительных конструкций можно разделить на четыре типа поверхностей: металлические – стальные и алюминиевые конструкции, бетонные сооружения, деревянные постройки. Наиболее распространенными в промышленном строительстве являются металлические и бетонные конструкции.

Чтобы в полной мере изучить влияние кремнийорганического модификатора и минерального наполнителя на адгезию полиуретанового покрытия к субстрату, а также определить при какой концентрации какого вещества наблюдаются максимальные значения, адгезия рассматривалась в пяти вариантах композиций. Результаты экспериментов представлены на графике 1.

При увеличении массового содержания гальваношлама наблюдается значительное увеличение значения адгезии покрытия к стальной поверхности, причем увеличение адгезионной прочности составляет 1,5 раза.

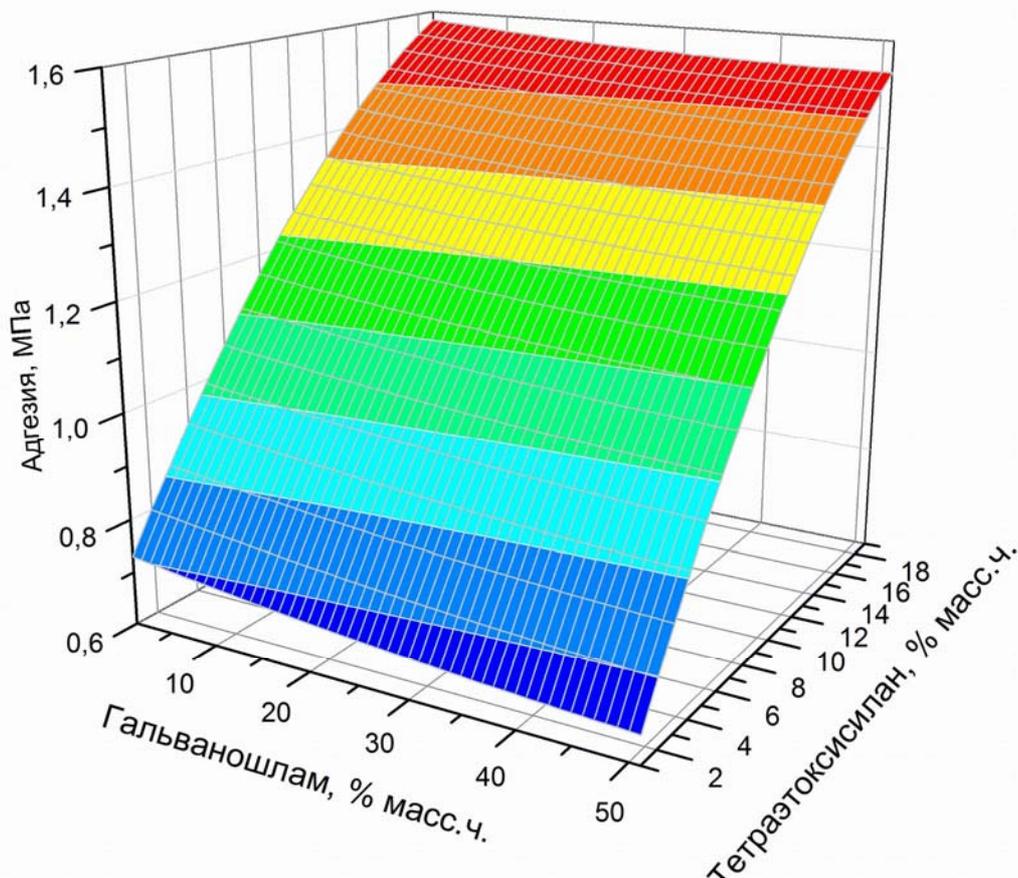


Рис. 1. Адгезия полиуретанового покрытия, наполненного гальваношламом, к стальной подложке

На показатель адгезионной прочности оказывают влияние различные виды взаимодействия молекул модифицированного и наполненного полимера и металла: межмолекулярные силы, образование двойного электрического слоя на границе раздела двух веществ, поверхностное натяжение полимерной композиции, наличие низкомолекулярных веществ в отвержденном покрытии, а также деформационные характеристики полимера на сжатие. Все перечисленные факторы имеют свои отдельные теории, но рассматривать их в отдельности нельзя, так как все они имеют место быть в данном случае.

Если рассматривать модифицированное и наполненное отвержденное покрытие в поперечном срезе, то оно представляет собой многослойный «пирог», где снизу располагается слой гальваношлама, в верхней части толщи слой тетраэтоксисилана. Средний слой покрытия представляет собой непосредственно смесь всех компонентов – тетраэтоксисилан и гальваношлам диспергируются в полиуретан, образуя равномерный слой полимера.

Граница раздела адгезив – субстрат представляет собой концентрацию катионов металлов гальваношлама, находящихся в расплаве полимера, и полярных уретановых и мочевиновых групп $C=O$, имеющих отрицательный заряд на атоме кислорода со стороны пленки, и защитный слой на металлической поверхности, приобретенный в результате гальванической обработки и представляющий собой концентрацию фосфат-, нитрат – ионов или же защитную оксидную пленку, со стороны защищаемой поверхности.

У частиц, находящихся на поверхности субстрата (см. рис. 2), преобладает ионный тип связи, однако, необходимо помнить, что структура обрабатываемой поверхности не идеальна, имеет многочисленные микротрещины, и существует вероятность образования других типов химической связи, прежде всего, межмолекулярной, с адгезивом дефектных атомов металлов.

При отверждении полиуретановой композиции образуются многочисленные уретановые и мочевиновые группировки, имеющие полярные связи $C=O$ и $N-H$. Концентрация отрицательного заряда на атомах кислорода и азота провоцирует образование многочисленных межмолекулярных взаимодействий с гидроксильными группами, металлами, находящимися на поверхности субстрата, а также с ионами кислорода оксидной пленки. Образующиеся водородные связи носят как донорно-акцепторный, так и электростатический характер. Большое количество образующихся водородных

связей приводит к возникновению двойного электрического слоя в зоне контакта двух поверхностей. При разрушении адгезионного слоя на поверхностях, соединенных ранее, остаются заряды противоположных знаков [4].

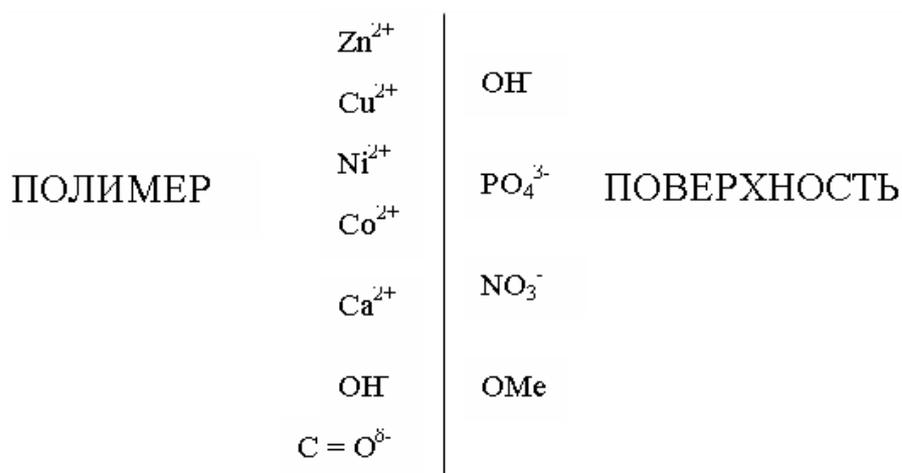


Рис. 2. Граница раздела адгезив – субстрат

Кроме того, возникновению двойного электрического слоя способствует соответствующая ориентация функциональных групп противоположной полярности, адсорбирующихся на границе контакта.

Наличие катионов металлов гальваноплазма усиливает образующийся при отверждении электрический слой путем возникновения дополнительного электростатического притяжения с анионами субстрата – ионами, полученными путем гальванической обработки металлического изделия. В итоге на границе раздела возникает не только водородные связи, но и ионные, усиливая прочность сцепления путем перехода электронов через границу раздела, обусловленного различием электрохимических потенциалов материалов.

При сравнении результатов испытаний на адгезию изучаемого покрытия к стальной и алюминиевой подложкам (см. рис. 3), видим, что значение адгезии к алюминию несколько ниже, чем адгезия покрытия к стали. Это связано с предварительной гальванизирующей обработкой алюминия путем создания на его поверхности защитной оксидной пленки при оксидировании. Оксидная пленка затормаживает образование многочисленных химических связей на границе раздела, но не препятствует этому, в связи с чем, сохраняются высокие показатели адгезии.

При введении в полиуретановый предполимер тетраэтоксисилана наблюдается некоторое снижение показателя адгезии, хотя, в целом, ее показатель увеличивается. Тетраэтоксисилан – низкомолекулярное вещество, имеющее в своей структуре химически инертные к образованию связей этиловые радикалы, которые не поддаются поляризации. Наличие его в композиции в малых количествах (массовых частях от общей массы композиции с учетом гальваноплазма) не оказывает большого влияния на адгезию покрытия в целом.

Следующим параметром, влияющим на адгезию покрытия к подложке, является поверхностное натяжение полимерной композиции, т.е. то, как она растекается по поверхности. Модифицирование полиуретана кремнийорганическим веществом вызывает увеличения поверхностного натяжения композиции в целом. Однако, огромное влияние на смачиваемость обрабатываемой поверхности оказывает качество ее подготовки. Обязательное обезжиривание и зашкуривание позволяет улучшить растекаемость композиции и нейтрализовать негативное влияние тетраэтоксисилана.

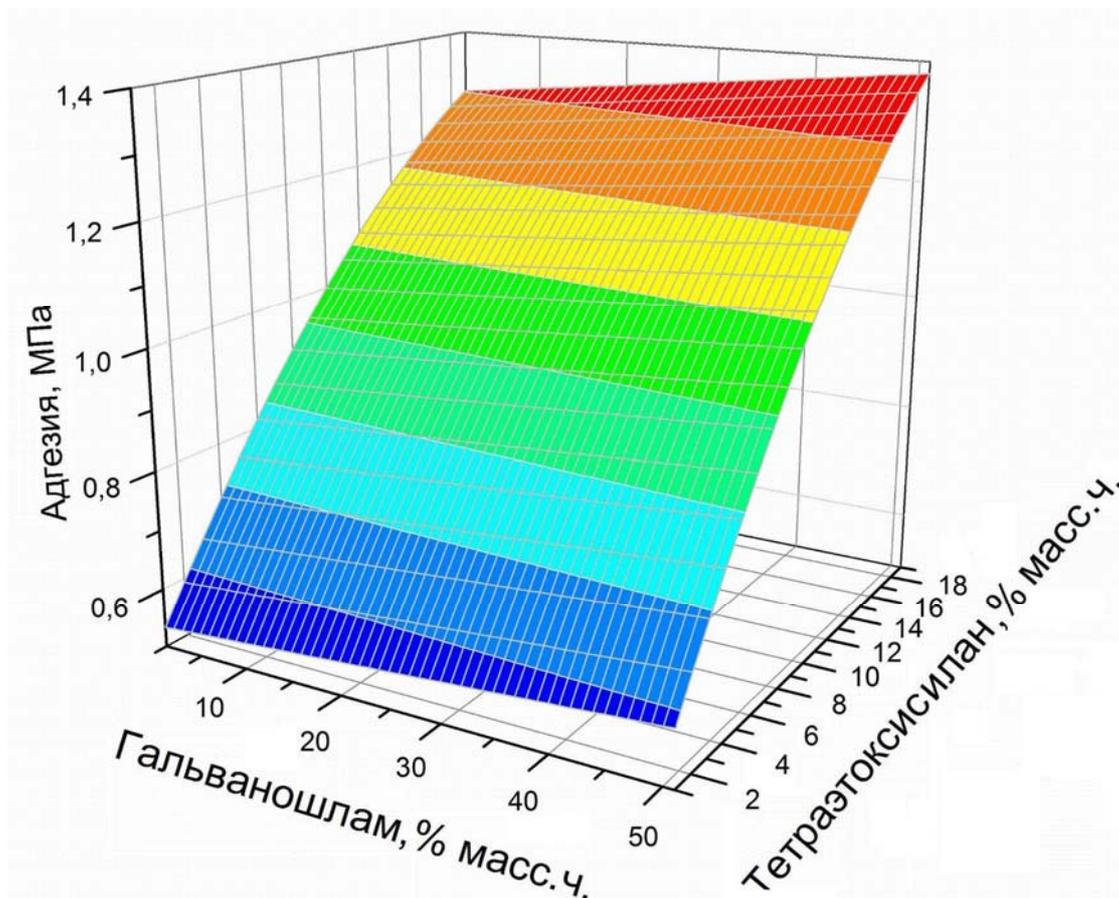


Рис. 3. Адгезия полиуретанового покрытия, наполненного гальваношламом, к алюминиевой подложке

Если рассматривать явление адгезии с точки зрения адгезионной прочности, то на силу, препятствующую разрушению адгезионного слоя влияет устойчивость полимера к деформации на растяжение – сжатие – устойчивость полимерной пленки к растяжению в плоскости, перпендикулярной плоскости отслаивания. Гальваношлам является в данном случае добавкой, повышающей прочность полимерного покрытия.

Не смотря на то, что на адгезию отвержденного покрытия влияет большое количество различных факторов, недопустимо рассматривать их по отдельности. Только их совокупность позволяет дать объективную оценку полученному результату после модифицирования и наполнения композиции.

Наполнение гальваношламом полиуретанового предполимера носит исключительно положительный характер. Возникающие многочисленные химические связи усиливают адгезионную прочность, позволяя использовать покрытие в экстремальных условиях эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климов Е.С., Эврюкова М.Е., Абрамова Н.Н. Очистка сточных вод электрохимического цинкования // Экология и промышленность России. 2005. №12.
2. Плакунова Е.В., Татаринцева Е.А., Панова Л.Г. Свойства шламов гальванических производств // Экология и промышленность России. 2005. №3.
3. Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий. – М.: Химия. – 1977. – 352 с.
4. Белый В.А., Егоренков Н.И., Плескачевский Ю.М. Адгезия полимеров к металлам. – Минск: Наука и техника. – 1971. – 288 с.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОСУШКИ ПОПУТНОГО ГАЗА

В промышленности наибольшее распространение получили следующие методы осушки попутного нефтяного газа: абсорбция влаги гигроскопическими жидкостями, адсорбция влаги активированными твердыми осушителями, конденсация влаги за счет сжатия и (или) охлаждения газа.

Абсорбционный метод широко применяют для осушки газа на головных сооружениях магистральных газопроводов и газоперерабатывающих заводах. В качестве абсорбентов — осушителей используют концентрированные водные растворы моно-, ди- и триэтиленгликолей [1,2].

Для уменьшения затрат на электроэнергию нами предлагается схема работы компрессора К-380-103-1 одним цилиндром низкого давления. По новой обвязке компрессора поз.ТК-1 без цилиндра высокого давления сохраняется количество газа по приему на установку, но при этом давление нагнетания компрессора меняется от 10-12 кг/см² до 6,5 кг/см². По этой причине возникает унос диэтиленгликоля из абсорбера поз.К-11.

Цель данной работы заключается в сокращении расхода диэтиленгликоля и определение эффективности осушки попутного нефтяного газа при низких давлениях в абсорбере

Уносимый с осушенным попутным нефтяным газом из абсорбера поз. К-11 диэтиленгликоль (ДЭГ) улавливается в сепараторе поз. С-11, и направляется в дренажную емкость поз.Е-08 по действующей технологической схеме (Рис.).

Для сокращения уноса ДЭГа из системы осушки, предлагается следующее. Перевести поток дренируемого с сепаратора поз.С-11 конденсата с ДЭГом в разделитель поз. Р-02 по имеющемуся трубопроводу. Отстоявшийся и разделившийся (по разности плотностей) ДЭГ перекачивается в емкость хранения гликоля поз.Е-11/1, что позволит вернуть «унесенный» ДЭГ из абсорбера. Конденсат направляется в дренажную емкость поз.Е-08 по имеющемуся трубопроводу.

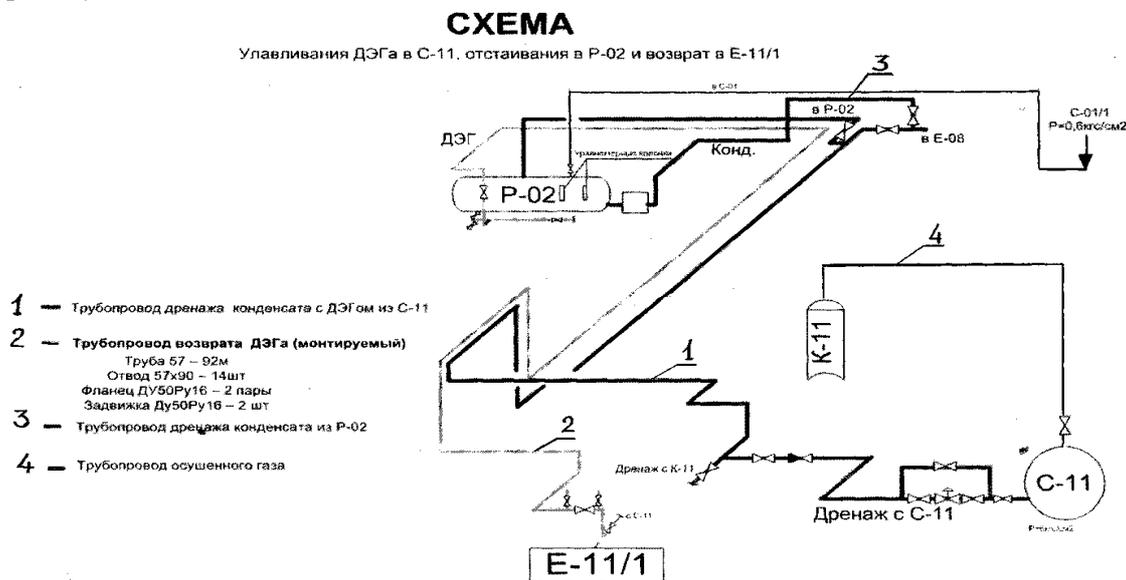


Рис. Технологическая схема

Как видно из схемы затраты необходимы лишь на монтаж одного трубопровода.

При введении в работу данной схемы потеря гликоля уменьшается до минимума, что позволит вернуться к утвержденным нормам расхода ДЭГа на технологию.

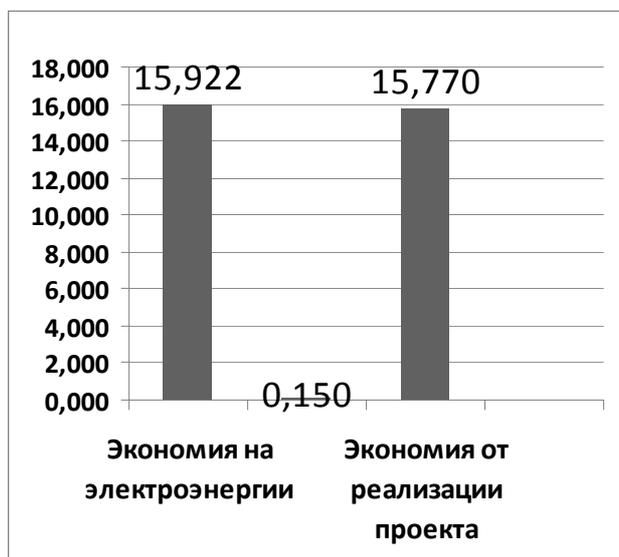


График 1 - Экономия от реализации проекта, млн. руб/год

Как видно из графика при малых затратах (0,15 млн.руб) на реализацию проекта достигается экономии (15,77 млн.руб) средств предприятия. Срок окупаемости проекта 5 дней работы компрессора К-380 без цилиндра высокого давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлин М.А., Гореченков В.Г., Волков Н.П., Переработка нефтяных и природных газов. -М.: Химия, 1981.-472с.
2. Дымент О.Н., Казанский К.С., Мирошников А.М., Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена. Под. ред. Дымента О.Н.-М.: Химия, 1976.-376с.
3. Технологический регламент цеха компримирования и осушки газа Холмогорской станции.

**Калашикова Л.И.,
Горлова Н.С.,**

*Институт нефти, газа, энергетики и безопасности
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный
технологический университет»*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР КАК ТОПЛИВНОГО РЕСУРСА

Рост цен на нефть и истощаемость её как природного ресурса породил новый виток развития работ по комплексному использованию растительного сырья в решении проблем производства энергоносителей.

В сельском хозяйстве РФ получается около 200 млн. т отходов растениеводства. Поэтому переработка растительной биомассы для получения топлива, тепловой и электрической энергии становится актуальной задачей.

Среди современных термохимических технологий энергетического использования растительной биомассы пиролиз является наиболее универсальной, которая позволяет получать качественное, экологически безопасное твердое, жидкое и газообразное топливо практически из любого сырья. При этом энергетические затраты на обеспечение термохимического процесса обычно не превышают 5-10% от получаемых энергетических продуктов.

В течение последних двух десятилетий за рубежом интенсивно развивается технология быстрого пиролиза, позволяющая при умеренных температурах 450-550 °С получать до 70-80 % жидкого топлива от массы сухого вещества. Интерес к этому направлению подогревался стремлением разработать аналог жидкого горючего для двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Однако, ввиду существенного отличия физико-химических свойств пиролизной жидкости растительного происхождения от свойств нефтепродуктов, эта задача оказалась намного более сложной в техническом отношении, чем первоначально предполагалось.

Наиболее существенными недостатками бионефти по сравнению с дизельным топливом являются высокая вязкость и невысокая теплотворная способность, обусловленная высоким содержанием воды и кислорода. Этот жидкий энергетический продукт можно применять в качестве котельного топлива. В то же время бионефть, как и любой горючий материал углеводородного происхождения, имеет несомненные экологические преимущества перед нефтепродуктами: она почти не содержит серы; содержание азота, как правило, меньше, чем у нефти.

Немецкими химиками Фишером и Тропшом (1923 г.) была разработана технология прямого синтеза углеводородов (УВ) из синтез-газа. Основное достоинство этого процесса заключается в возможности получения УВ практически из любого углеродсодержащего сырья (угля, торфа, природного газа), в том числе и органических сельскохозяйственных отходов. Исследование теоретических основ процесса показало, что выход фракций УВ, соответствующих бензиновой (C_5 - C_{11}) и дизельной (C_{12} - C_{16}) не может превышать 48 и 30% масс.

Особым достоинством продуктов процесса Фишера-Тропша, в отличие от продуктов, полученных из нефти, является практически полное отсутствие в их составе серо- и азотсодержащих соединений и незначительное содержание ароматических УВ, что устраняет образование токсичных оксидов серы и азота при сгорании топлив в двигателях и тем самым решает экологические проблемы моторных топлив.

Наряду с газовыми синтетическими моторными топливами, получаемыми из растительного сырья и отходов наиболее широко разработаны технологии производства низкомолекулярных спиртов — метанола, этанола и др., а также простых эфиров (метил-третбутиловый (МТБЭ), метил-третамилловый (МТАЭ), этил-третбутиловый (ЭТБЭ), дивизпропиловый (ДИПЭ) и др.), используемых в качестве альтернативного жидкого горючего топлива или кислородсодержащих добавок (КСД) к топливу.

Однако применение оксигенатных топлив наряду с преимуществами имеет следующие основные недостатки:

- пониженная (почти в два раза) по сравнению с углеводородными топливами теплота сгорания, что оказывает отрицательное влияние на мощностные характеристики двигателя;
- низкая энергоплотность спиртов по сравнению с углеводородными топливами (16 МДж/л для метанола и 21 МДж/л для этанола против 32 МДж/л для бензина) приводит к увеличению почти в два раза удельного расхода спиртового топлива и требует для обеспечения одинакового запаса хода почти в вдвое большего объема топливного бака.

К положительным качествам метанола и этанола в первую очередь относятся высокие антидетонационные свойства, что позволяет повысить степень сжатия в камере сгорания и снизить удельный расход энергии на единицу мощности, т.е. повысить КПД двигателя. При использовании спиртовых топлив снижается содержание токсичных веществ в отработавших газах. При практически одинаковых антидетонационных свойствах метанола, этанола, МТБЭ и ТАМЭ наиболее эффективной добавкой в отношении снижения эмиссии CO , CH и NO_x является метанол. Использование метанола требует существенного переоборудования двигателя и топливной системы. Наряду с отмеченными недостатками широкому использованию метанола в качестве моторного топлива или его компонентов препятствуют также и экономические показатели его производства.

Несмотря на более высокую стоимость по сравнению с метиловым спиртом, в США этанол используется в качестве моторного топлива в значительно больших объемах, что обусловлено следующими преимуществами этанола:

- более высокая теплотворная способность — на 35% выше чем у метанола;
- лучшая растворимость в бензине;
- меньшая коррозионная агрессивность по отношению к резинотехническим изделиям и металлам;
- значительно меньшая токсичность (содержание оксидов углерода уменьшается на 25-39%, оксидов азота — на 30%, канцерогенов — на 50%, летучих органических соединений — на 30%) [1].

Этанол получают в основном из сельскохозяйственных продуктов. В большинстве случаев он вырабатывается из крахмала, полученного из ржи, сорго, кукурузы и пшеницы. Однако этанол можно изготавливать из промышленных отходов, полученных при производстве пищевых продуктов и напитков. Для его производства можно использовать целлюлозу, которая содержится в древесине, соломе, рисовой шелухе, подсолнечной лузге, просе.

В промышленности этанол получают несколькими способами, в том числе:

- гидролизом непищевого растительного сырья — гидролизный этанол;
- ферментативной переработкой пищевого растительного сырья — пищевой этанол.

Потенциальный рынок в России по биоэтанолю составляет в настоящее время более 3,6 млн. т.

В Южном Федеральном округе складываются наиболее благоприятные условия для возрождения российского гидролизного производства, так как здесь сосредоточены не только большие ресурсы пищевых и сельскохозяйственных отходов, но и сеть крупных, средних и мелких нефтеперерабатывающих заводов. Как известно, чистый этанол крепостью 95% и более используется в качестве моторного топлива в сравнительно небольших объемах. Наиболее широко применяются различные смеси бензина с этанолом, содержащие от 5-10% до 85-95 % этанола. Широкое внимание к этанолсодержащему бензину в настоящее время обусловлено в основном экологическими проблемами, так как при его использовании снижаются выбросы газов, вызывающих парниковый эффект.

Наиболее технологичным, хотя и далеко не единственным видом твердого биотоплива, являются топливные гранулы, которые можно изготавливать из самых разных видов биомассы, причем это могут быть не только древесные отходы лесозаготовки, но и отходы сельскохозяйственных культур: солома, лузга подсолнечника, отходы кукурузы, крупяного производства и т.п.

Себестоимость энергии, получаемой таким способом, не превышает 69 коп/кВт·час (рыночная цена – 2,4-2,6 руб.) [1]. Таким образом, использование топлива из растительных отходов позволяет значительно снизить себестоимость продукции.

В качестве объекта отходов переработки сельскохозяйственного сырья на данном этапе исследований была выбрана подсолнечная лузга, являющаяся в настоящее время отходом масложирового производства и представляющая проблему её утилизации.

Результаты исследований химического состава подсолнечной лузги от производственных партий представлены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав лузги подсолнечника (% на абсолютно сухое вещество)

Наименование показателя	Лузга подсолнечника
Сырой жир	3,42
Сырая клетчатка	59,6
Сырой протеин (Nx6,25)	1,88
Сырая зола	2,77
Безазотистые экстрактивные вещества	30,4

Как видно из представленных данных, подсолнечная лузга представляет собой отход производства, который было бы целесообразно использовать как химическое сырье с высоким содержанием клетчатки. С этой целью была определена теплотворная способность и выход фурфурола при её использовании как энергетического и вторичного материального ресурса. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

Теплотворная способность и выход фурфурола

Наименование показателя	Единицы измерения	Величина
Теплотворная способность	кДж/кг	
- максимальная		
- минимальная		
Выход фурфурола из абсолютно сухой массы	%	17,2

Сравнение теплотворной способности лузги с теплотворной способностью известных топлив показало, что теплотворная способность данного отхода аналогична теплотворной способности дубовых дров. Поэтому весьма перспективно было бы использовать данный вид отходов в качестве обычного печного топлива. Однако, учитывая низкую объемную массу следует разработать методы компактирования данного вида топливного сырья в виде пеллет.

Результаты исследования химического состава золы после сжигания пеллет из лузги подсолнечника показали, что по минеральному составу остаток в наибольшей степени обогащен калием, кальцием и магнием и может в дальнейшем использоваться как минеральное удобрение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Офицеров Е.Н. Соотношение растительного сырья и газа в решении проблемы энергопотребления // [Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы III Всероссийской конференции. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2007. Кн. 3. С. 192-195.](#)

*Каримов О.Х.,
Даминев Р.Р.,
Касьянова Л.З.,
Каримов Э.Х.,*

*Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной
технический университет» в г. Стерлитамаке*

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВЛАГОЕМКОСТЬ АЛЮМООКСИДНОГО НОСИТЕЛЯ КАТАЛИЗАТОРА ДЕГИДРИРОВАНИЯ

Микросферические алюмохромовые катализаторы широко применяются в России в технологиях дегидрирования низших парафинов (изобутана и изопентана) в кипящем слое. В настоящее время остается актуальной проблема создания износостойких алюмохромовых катализаторов дегидрирования с минимальными абразивными свойствами и высокими технологическими параметрами.

Эксплуатационные характеристики получаемых методом пропитки микросферических алюмохромовых катализаторов определяются свойствами активной фазы (оксид хрома Cr_2O_3) и используемого алюмооксидного носителя.

Ведутся поиски различных способов нанесения активной фазы, а также подбор алюмохромовых носителей с оптимальными параметрами, позволяющими более эффективно закреплять активную фазу на поверхности носителя.

В качестве эффективного способа подвода тепла может использоваться микроволновое излучение, преимуществом которого является безинерционность, интенсивность и равномерность нагрева по всему объему образца. Кроме того, отсутствие теплоносителя при микроволновом нагреве упрощает процесс и обеспечивает его чистоту [1].

Изучалось влияние электромагнитного излучения СВЧ-диапазона на изменение суммарного объема пор алюмохромового носителя марки MITALOX®, получаемого из продукта термохимической активации тригидрата алюминия (ТХА ТГА).

Исследуемые образцы подвергались микроволновой обработке в различном диапазоне выходных мощностей работы СВЧ-печи (180-900 Вт, 2,45 ГГц). Экспозиция облучения для каждой мощности магнетрона составляла от 3 до 30 минут из условия нагрева образцов до 100 ± 10 °С.

Определение суммарного объема пор проводили на измерении объема жидкости, необходимого для полного заполнения пор навески материала. В качестве жидкости использовали дистиллированную воду.

Результаты опытов показали, что электромагнитное излучение не изменяет влагоемкость алюмохромового носителя. Требуются дальнейшие исследования по выявлению структурных и фазовых изменений, а также фракционного состава носителя после облучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Даминев Р.Р. Гетерогенно-каталитические промышленные процессы под действием электромагнитного излучения СВЧ диапазона / Р.Р. Даминев, И.Х. Бикбулатов, Н.С. Шулаев, Д.Л. Рахманкулов. – М.: Химия, 2006. – 134 с.

*Каримов Э.Х.,
Касьянова Л.З.,
Даминев Р.Р.,
Каримов О.Х.,*

*Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной
технический университет» в г. Стерлитамаке*

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЕГИДРИРОВАНИЯ МЕТИЛБУТЕНОВ ПУТЕМ ПОДВОДА ЭНЕРГИИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

Процессы каталитического дегидрирования углеводородов по своим масштабам занимают исключительное положение в нефтехимической промышленности, так как важнейшие мономеры для синтетических каучуков – изобутилен, изопрен и стирол – получают в основном методами дегидрирования [1].

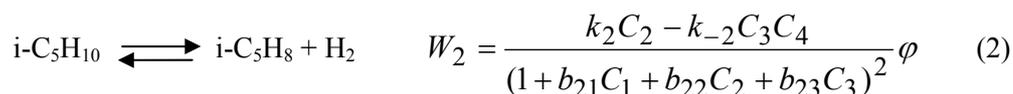
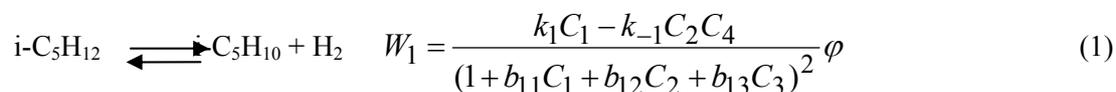
Для реакции дегидрирования метилбутенов в изопрен было предложено большое количество катализаторов. К одним из таких катализаторов относятся катализаторы на основе окиси железа. Их характерной особенностью является устойчивость к воздействию водяного пара [2].

Процесс проходит в адиабатических реакторах на стационарном слое катализатора. В промышленных условиях при прохождении смеси и водяного пара через слой катализатора вследствие высокого эндотермического эффекта реакции температура реакционной смеси падает на 30 – 50 °С. Это понижение температуры является причиной более низких выходов диенов по сравнению с дегидрированием в изотермических условиях

Одной из возможностей компенсации энергетических затрат служит активация экзотермических процессов. Среди возможных реакций между компонентами сильных тепловой эффект имеет реакция горения водорода, образующийся за счет процессов дегидрирования, регенерации катализатора, крекинга углеводородов.

Для представления эффективности предложенного процесса разработана кинетическая модель дегидрирования метилбутенов в изопрен и горения водорода в адиабатическом реакторе. В основе кинетической модели заложена четырехстадийная схема превращений процесса дегидрирования углеводородов C₅ на катализаторе К-24И в соответствии с [1].

Кинетику реакции смоделировали на основе предложенной четырехстадийной схемы превращений процесса дегидрирования углеводородов C₅ на катализаторе К-24И [3]. Схема превращений и соответствующие ей кинетические уравнения скоростей стадий представляются системой



где C_i – концентрации компонентов (кмоль/м³), индексация компонентов по i : 1 – изопентан, 2 – метилбутены, 3 – изопрен, 4 – водород, 5 – продукты крекинга (ПК), 6 – диоксид углерода, 7 – пары воды, k_i и b_i – кинетические константы, определяемые по формулам (5).

Пересчет кинетических констант для любой температуры через выбранную опорную температуру ($T_{on}=620^\circ\text{C}$ или 893 К) производится по формулам:

$$k_i(T) = k_i(T_{on}) \cdot \exp\left[\frac{E_i}{RT_{on}} \left(1 - \frac{T_{on}}{T}\right)\right]; \quad b_i(T) = b_i(T_{on}) \cdot \exp\left[\frac{Q_i}{RT_{on}} \left(\frac{T_{on}}{T} - 1\right)\right] \quad (5)$$

где $k_i(T_{on})$ и $b_i(T_{on})$ – кинетические параметры, значения которых приведены в таблице 1.

В расчетах учитывалось понижение температуры на каждом участке слоя за счет реакции дегидрирования, увеличения температуры за счет выгорания кокса и горения водорода в соответствии с его постепенным образованием, изменение давления, линейной скорости движения потока. Для каждого слоя производился перерасчет кинетических констант и скоростей каждой реакции (1), (2), (3), (4).

Согласно [4] энергия реакции дегидрирования метилбутена в изопрен равна 133,18 кДж/моль, энергия выжигания кокса 393, 51 кДж/моль, горение водорода – 264,5 кДж/моль.

Моделирование процесса осуществляли с различной степенью окисления водорода при следующих загрузках катализаторов дегидрирования и окисления водорода:

- 1) смешанная загрузка катализаторов по всему слою катализатора;
- 2) смешанная загрузка катализаторов в верхней части реактора (15% от всего слоя), далее только катализатор дегидрирования;
- 3) смешанная загрузка катализаторов только в средней части реактора (в зоне от 50 % до 65 % от всего слоя катализатора). К середине слоя катализатора образуется около 80 % водорода.

Результаты расчетных значений концентраций компонентов приведены в таблицах 1–3.

Таблица 1

Расчетные значения концентраций компонентов (%масс.) при смешанной загрузке катализаторов по всему слою катализатора

Компоненты	Массовая доля окисленного водорода от всего образованного водорода						
	0,0 %	0,5%	1,0%	2,0%	3,0%	5,0%	6,0%
i-C ₅ H ₁₂	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,95	0,95
i-C ₅ H ₁₀	43,19	41,38	39,49	35,47	31,15	21,65	16,52
i-C ₅ H ₈	33,18	34,42	35,68	38,25	40,82	45,68	47,69
H ₂	1,84	1,81	1,79	1,78	1,81	2,01	2,18
Прод. крек.	3,71	3,99	4,29	4,96	5,76	7,83	9,21
CO ₂	3,94	4,28	4,65	5,47	6,45	8,98	10,68
n-C ₅ H ₁₂	6,58	6,57	6,57	6,55	6,52	6,45	6,39
n-C ₅ H ₁₀	6,58	6,57	6,57	6,55	6,52	6,45	6,39
ВП*, %	40,43	42,05	43,71	47,14	50,7	57,9	61,29
ВР*, %	85,36	85,03	84,65	83,77	82,69	79,8	77,82
Т верха**, °С	620	620	620	620	620	620	620
Т низа**, °С	598,2	608,7	618,9	639,2	659,9	705,5	732,5

Таблица 2

Расчетные значения концентраций компонентов (%масс.) при смешанной загрузке катализаторов только в верхней части реактора (15% от всего слоя)

Компоненты	Массовая доля окисленного водорода от всего образованного водорода						
	0 %	10 %	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
i-C ₅ H ₁₂	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96
i-C ₅ H ₁₀	43,19	40,66	38,48	35,08	32,73	31,1	29,94
i-C ₅ H ₈	33,18	34,78	36,1	38,03	39,27	40,08	40,63
H ₂	1,84	1,9	1,96	2,09	2,19	2,27	2,33
Прод. крек.	3,71	4,12	4,49	5,12	5,6	5,94	6,2
CO ₂	3,94	4,44	4,9	5,67	6,25	6,68	7,0
n-C ₅ H ₁₂	6,58	6,56	6,55	6,52	6,5	6,48	6,47
n-C ₅ H ₁₀	6,58	6,56	6,55	6,52	6,5	6,48	6,47
ВП*, %	40,43	42,56	44,33	47,0	48,76	49,94	50,76
ВР*, %	85,36	84,68	84,04	82,96	82,14	81,54	81,1
Т верха**, °С	620	620	620	620	620	620	620
Т низа**, °С	598,2	604,4	609,8	618,5	624,7	629,2	632,4

Таблица 3

Расчетные значения концентраций компонентов (%масс.) при смешанной загрузке катализаторов только в средней части катализатора (в зоне от 50 % до 65 % от всего слоя катализатора)

Компоненты	Массовая доля окисленного водорода от всего образованного водорода						
	0 %	1,0%	5,0%	10,0%	15,0%	20,0%	25,0%
i-C ₅ H ₁₂	0,97	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93
i-C ₅ H ₁₀	43,19	42,14	37,54	31,19	24,48	17,7	11,2
i-C ₅ H ₈	33,18	33,9	36,9	40,68	44,1	46,68	47,79
H ₂	1,84	1,84	1,89	2,06	2,34	2,74	3,26
Прод. крек.	3,71	3,87	4,59	5,7	7,12	8,91	11,2

CO ₂	3,94	4,14	5,01	6,38	8,11	10,31	13,12
n-C ₅ H ₁₂	6,58	6,57	6,55	6,51	6,45	6,36	6,25
n-C ₅ H ₁₀	6,58	6,57	6,55	6,51	6,45	6,36	6,25
ВП*, %	40,43	41,37	45,34	50,54	55,58	59,94	62,89
ВР*, %	85,36	85,16	84,16	82,53	80,38	77,57	73,77
Т верха**, °С	620	620	620	620	620	620	620
Т низа**, °С	598,2	603	621,8	644,7	668,6	695,2	727,0

* ВП и ВР – выход изопрена на пропущенное и разложенное сырье соответственно

** Т верха и Т низ – температура верха и низ слоя катализатора

Согласно таблице 1 оптимальной активностью катализатора окисления водорода при смешенной загрузке по всему слою катализатора является 3 % (ВП = 50,7%; ВР = 82,69%). При дальнейшем увеличении активности произойдет завышение температурного режима в реакторе. В таблице 2 оптимальным режимом является 100 % взаимодействие водорода (ВП = 50,76%; ВР = 81,1%). Однако, для таких высоких результатов необходима большая концентрация кислорода в реакторе (что недопустимо при нагревании углеводородов). При окислении водорода в средней части реактора (таблица 3) активность катализатора 10 % показывает максимальный выход изопрена и допустим для сохранения температурного режима (ВП = 50,58%; ВР = 80,38%).

Таким образом, из трех вариантов загрузки катализатора окисления водорода самым эффективным является смешенная загрузка по всему слою катализатора с эффективностью работы катализатора 3 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тюрязев И.Я. Теоретические основы получения бутадиена и изопрена методами дегидрирования. - «Наукова думка», 1973 г. – 272 с.
2. Огородников С.К. Производство изопрена / Огородников С.К., Идлис Г.С. - Л. «Химия», 1973 г. – 296 с.
3. Бокин А.И. Дегидрирование метилбутенов в изопрен с использованием оксидных железокалиевых катализаторов. Дис. ... канд. техн. наук. – Уфа. - 2004. – 105 с.
4. Кирпичников П.А. Альбом технологических схем основных производств промышленности синтетического каучука / Кирпичников П.А., Береснев В.В., Попова Л.М. - Л., «Химия», 1976 г. – 112 с.

Лукичева О.С.,

Калимуллин И.Р.,

*Нижнекамский химико-технологический институт
(филиал) ФГБОУ ВПО "КНИТУ"*

ВИХРЕВАЯ СТУПЕНЬ ДЛЯ КОНТАКТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

По данным государственного учета использования воды промышленностью Российской Федерации расходуется в год примерно 40 миллиардов м³ свежей воды, что составляет 50% общего количества, забираемого для нужд народного хозяйства из источников водоснабжения. Это равняется примерно 20% потребности промышленных предприятий в воде. Недостающее количество (160 миллиардов м³) обеспечивается за счет повторного использования воды после охлаждения и очистки. Такая вода называется оборотной или циркуляционной. Существует несколько методов подготовки воды для ее использования в процессе охлаждения. Реализация этих методов часто бывает связана с весьма большими затратами энергии. Сравнительно недорогим и очень экономичным методом является охлаждение воды в градирне. Современные градирни применяют главным образом в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий, ТЭС и АЭС для понижения температуры воды, отводящей теплоту от теплообменных аппаратов, компрессоров и другого оборудования. Охлаждение происходит в основном за счет испарения части воды, стекающей по оросителю под действием силы тяжести. Испарение 1 % воды в градирне понижает ее температуру примерно на 6°С. При испарительном охлаждении может быть достигнута температура воды, более низкая, чем температура воздуха.

Потребление свежей воды в промышленности в значительной мере может быть уменьшено за счет перехода производств на безотходные, безводные или маловодные технологии. Однако многие производственные процессы не всегда или не в полной мере позволяют использовать такие технологии. Тогда на первый план в реализации задачи экономии воды в промышленности вступают охлаждающие системы оборотного водоснабжения с градирнями различных типов и конструкций. В градирне можно подготовить большое количество охлаждающей воды с минимальным использованием энергоресурсов.

Для повышения эффективности процесса охлаждения воды необходимо внедрение новых, более совершенных устройств для контакта газа и жидкости, способных обеспечить высокую интенсивность теплообмена и большую поверхность контакта фаз. Этими свойствами обладает конструкция, предлагаемая в данной работе.

Предлагаемая конструкция представляет собой корпус, внутри которого расположены: контактный патрубок, завихритель, выполненный в виде камеры с коническим основанием и направляющих лопаток, патрубков для ввода жидкости в завихритель, сепарационных отверстий в верхней части контактного патрубка, технологических патрубков для ввода и вывода жидкости в корпус и горизонтальной перегородки, для разделения свежепоступающей и отработанной жидкости.

Вихревая ступень работает следующим образом. Газ поступает в корпус контактной ступени снизу, огибает коническое основание завихрителя и через направляющие лопатки тангенциально подается в завихритель, приобретая закрученное движение. Жидкость подается через патрубок ввода, заполняя кольцевое пространство между корпусом, контактным патрубком и горизонтальной перегородкой, и через патрубки поступает внутрь завихрителя, где диспергирует в закрученный поток газа. Далее закрученный газожидкостный поток попадает в контактный патрубок, где под действием центробежной силы жидкость отбрасывается на стенки, образует пленочный слой и увлекается восходящим газовым потоком вверх, а затем отделяется от газа через сепарационные отверстия. Газ после контакта уходит вышележащую ступень, а отработавшая жидкость выводится из корпуса через патрубок. Установка внутри корпуса направляющей перегородки предотвращает перемешивание свежепоступающей жидкости с отработавшей.

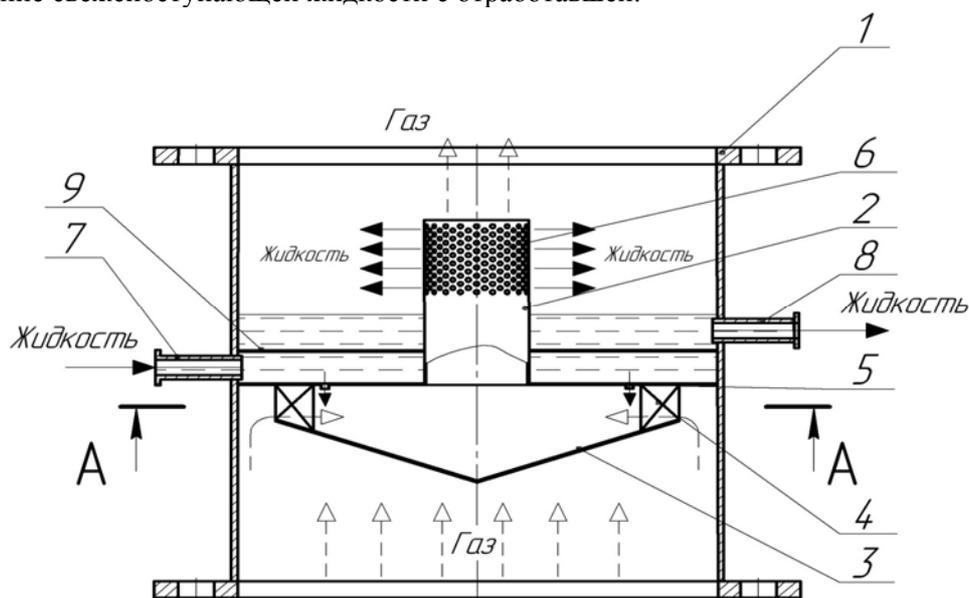


Рис.1 – Вихревая ступень:

1 - корпус, 2 - контактный патрубок, 3- завихритель, 4 - направляющие лопатки, 5- патрубок, 6 - сепарационные отверстия, 7, 8 - технологические патрубки для ввода и вывода жидкости, 9 - горизонтальной перегородки

Особенностью представленной модели является то, что завихритель выполнен в виде камеры с коническим основанием и тангенциальным вводом газа через направляющие лопатки, количество патрубков ввода жидкости в сепаратор совпадает с количеством пазов между лопатками завихрителя. Техническим результатом является увеличение эффективности теплообмена за счет высоких скоростей взаимодействия газового и жидкостного потоков и отсутствия перемешивания жидкости на ступени.

Конструкция устройства предполагает установку большого количества ступеней друг на друга для обеспечения требуемой степени охлаждения жидкости. При этом, движение жидкости по ступеням может осуществляться как последовательно, так и параллельно.

Использование предполагаемого устройства в системах оборотного водоснабжения позволит повысить их эффективность и снизить капитальные и эксплуатационные затраты на процесс охлаждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берман, Л. Д. Испарительное охлаждение циркуляционной воды / Л. Д. Берман. – М.: Госэнергоиздат, 1947. – 440 с.
2. Гладков, В. А. Вентиляторные градирни / В. А. Гладков, Ю. И. Арефьев, Р. А. Барменков. – М.: Стройиздат, 1964. – 216 с.
3. Пат. № 107961 Российская федерация, МПК⁷ B01D3/00. Вихревая ступень для контактного охлаждения газа / И.Р. Калимуллин, А.В. Дмитриев, И.З. Гафиятов, А.Н. Николаев.; заявители и патентообладатели Калимуллин И.Р., Дмитриев А.В., Гафиятов И.З., Николаев А.Н.2011110076/12, заявл. 16.03.2011. опубл. 10.09.2011. Бюлл. №25. – 3 с.

Мадьшев И.Н.,

Яковлев Д.А.,

Калимуллин И.Р.,

*Нижекамский химико-технологический институт
(филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ»*

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАКРУЧЕННОГО ТЕЧЕНИЯ ПОТОКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Энергоэффективность и энергосбережение входят в 5 стратегических направлений приоритетного развития экономики России. Согласно оценкам Международной финансовой корпорации и Всемирного банка потребление энергоресурсов в России может быть уменьшено в промышленности более чем в 2 раза, а при производстве электроэнергии более чем в 4 раза. Стратегической задачей является снижение энергоемкости российской экономики на 40% к 2020 году [1].

Практическая реализация поставленной задачи связана не только с внедрением эффективных управленческих решений во все уровни производства, но и с широким применением нового, более эффективного и менее энергоемкого оборудования, модернизацией существующих производств и оптимизацией использования энергоресурсов.

Одним из направлений повышения энергоэффективности производств является снижение затрат на теплообменные процессы за счет наиболее оптимального использования энергоносителей. На сегодняшний день теплообменная аппаратура составляет 50% от всего технологического оборудования нефтехимического производства. При этом на проведение теплообменных процессов потребляется 60% от общего числа энергоносителей.

В настоящее время существует большое количество различных разработок более эффективного и экономичного теплообменного оборудования, каждая из которых имеет положительные и отрицательные стороны. Наиболее распространенными являются теплообменники, изготовленные из труб, листового и неметаллических материалов. Теплообменники из листового материала имеют высокую поверхность теплообмена, высокоэффективны, однако могут применяться только при давлении не более 1 МПа. Неметаллические теплообменники, несмотря на свою высокую стоимость, трудоемкость изготовления и подверженность механическим повреждениям, нашли широкое применение в химической промышленности благодаря коррозионной стойкости при высоких температурах. Трубчатые теплообменники могут использоваться в широком диапазоне давления и температур, кроме того, унифицированы и имеют простую конструкцию. В то же время из-за разницы температур в трубном и межтрубном пространстве в них могут возникать температурные напряжения, что, как правило, приводит к деформации аппарата.

Самыми распространенными трубчатыми теплообменниками являются кожухотрубные, составляющие 80% от общего числа данного вида теплообменных аппаратов. Недостатком таких теплообменников считается ламинарный пограничный слой, возникающий у стенки и имеющий большое термическое сопротивление среды, что негативно сказывается на коэффициенте теплоотдачи. Для повышения коэффициента теплоотдачи необходимо турбулизовать поток.

Вместе с тем, увеличение скорости потока может привести к росту затрат на энергоносители. Уменьшение энергетических затрат на проведение процесса теплопередачи является актуальной проблемой. Наиболее перспективный путь решения этой проблемы – снижение расхода теплоносителей за счет интенсификации теплообмена.

Существуют различные методы интенсификации конвективного теплообмена. Одним из эффективных способов интенсификации теплообмена в трубах является применение специальных турбулизирующих устройств, принцип работы которых заключается в следующем. Внутри трубы устанавливаются винтовые вставки – завихрители, сообщающие потоку вращательное движение, за счет которого жидкость отбрасывается к стенке трубы [2]. Вследствие этого непрерывно по всей длине трубопровода возникают дополнительные завихрения, которые способствуют увеличению средней скорости потока, что в свою очередь положительно влияет на интенсификацию теплообмена.

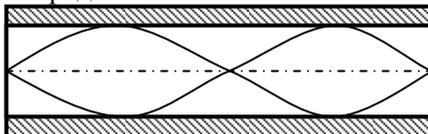


Рис. 1. Ленточный завихритель

Относительную тангенциальную составляющую скорости можно определить из выражения:

$$\bar{W}_\varphi = \frac{2,5}{A^{0,8}} \left[1 - 0,08 \left(\frac{L}{D} \right)^{0,6} \right], \quad [3]$$

где L - длина трубы, м;

D - диаметр трубы, м;

A - коэффициент крутки завихрителя.

Коэффициент крутки завихрителя представляет собой отношение абсолютной скорости потока на входе к средней скорости потока, т.е.

$$A = \frac{W_{ex}}{W_{cp}}$$

Задаваясь величинами абсолютной скорости потока на входе и коэффициентом крутки завихрителя можно определить абсолютную тангенциальную составляющую скорости:

$$W_\varphi = W_{cp} \cdot \bar{W}_\varphi, \text{ м/с}$$

Тогда абсолютную величину средней скорости потока можно определить как геометрическую сумму осевой (продольной) и тангенциальной составляющей скорости:

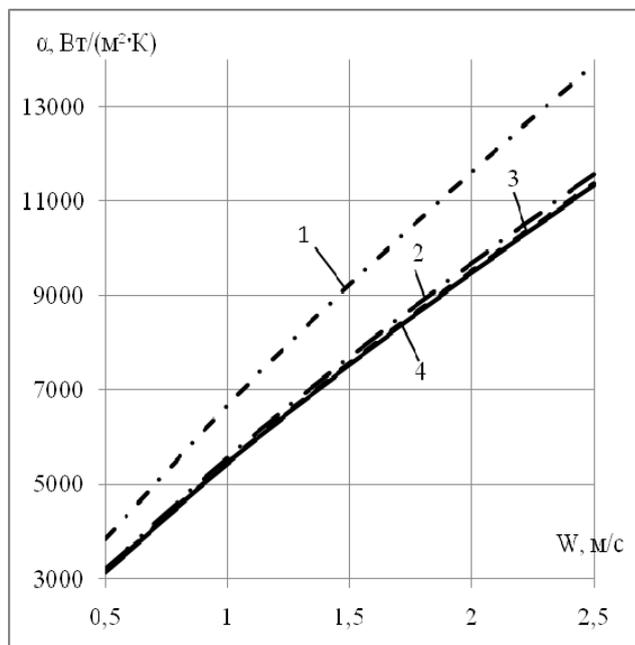
$$W_\Sigma = \sqrt{W_z^2 + W_\varphi^2}, \text{ м/с}$$

Оценочные расчеты проводились для воды при различных скоростях жидкости в трубе, внутренний диаметр которого 0,035 м, длина трубы 2 м.

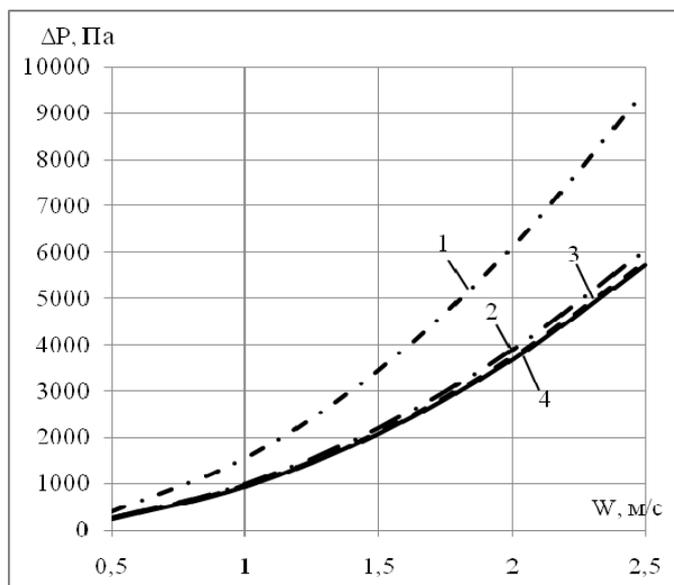
Результаты показали, что при увеличении коэффициента крутки завихрителя уменьшается величина средней скорости потока. Это объясняется тем, что при высоких коэффициентах крутки завихрителя значительная часть энергии потока затрачивается на вращательное движение.

Результаты работы можно представить графиками зависимостей коэффициента теплоотдачи и гидравлического сопротивления от средней скорости жидкости в трубе при различных степенях закрутки.

Анализ графиков позволяет определить оптимальный коэффициент крутки завихрителя, он составляет $A=0,5$. Применение различных завихрителей позволяет увеличить среднюю скорость движения жидкости в трубопроводе на 30% при $A=0,5$. В результате, возрастание средней скорости способствует не только увеличению коэффициента теплоотдачи, но и значительному возрастанию гидравлического сопротивления. Гидравлическое сопротивление увеличивается вследствие дополнительных потерь давления на трение на винтовой поверхности завихрителя.



**Рис. 2. Зависимость коэффициента теплоотдачи α от средней скорости движения среды W при различных коэффициентах крутки завихрителя A :
1 - $A=0,5$; 2 - $A=1$; 3 - $A=1,5$; 4 (сплошная линия) - незакрученный поток**



**Рис. 3. Зависимость гидравлического сопротивления ΔP от средней скорости движения среды W при различных коэффициентах крутки завихрителя A :
1 - $A=0,5$; 2 - $A=1$; 3 - $A=1,5$; 4 (сплошная линия) - незакрученный поток**

Таким образом, применение закрученных потоков в теплообменных аппаратах позволяет получить требуемый тепловой поток при минимальной скорости движения среды. Следовательно, при снижении средней скорости теплоносителя значительно уменьшается расход данного теплоносителя. Так, при коэффициенте крутки завихрителя $A=0,5$ расход теплоносителя сокращается на 25%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергоэффективность в России: скрытый резерв: отчет Всемирного банка и Международной финансовой корпорации // http://www.cenef.ru/file/FINAL_EE_report_rus.pdf.
2. Скобло, А. И. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: учебник для вузов / А. И. Скобло, Ю. К. Молоканов, А.И. Владимиров, В.А. Щелкунов. – М.: ООО Недр-Бизнес-центр, 2000. – 677 с.
3. Николаев А.Н. Очистка газовых выбросов ТЭС, работающих на твердом и жидком топливе / А.Н. Николаев, А.В. Дмитриев, Д. Н. Латыпов. – Казань : Новое знание. 2004. – 136 с.

ГРАФИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «МАШИНЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ»

К вузовскому образованию предъявляются высокие требования, главная его цель - это воспитание целостной личности, обладающей достаточным уровнем квалификации и комплексом значимых профессиональных компетенций. Задача высшего образования на сегодняшний день состоит в том, чтобы изменить как сам процесс обучения, так и его результаты. Так как приобретение и развитие необходимых знаний, умений и навыков, формирование активности в различных областях будущей трудовой практики происходит в период обучения студентов в вузе, то вузовское образование и предполагает организацию учебного процесса, нацеленную на конечный результат, а именно, высокое качество деятельности выпускников. Важнейшим условием достижения результата является формирование у студентов профессиональной направленности в процессе обучения. Именно направленность побуждает студентов к самостоятельности, самообразованию, способствует приобретению обязательных умений и навыков, в обучении она выражается как постоянное стремление будущих специалистов овладеть всеми необходимыми в дальнейшем знаниями. Профессиональная направленность студента постепенно перерастет в профессиональную компетентность специалиста. Вместе с тем, направленность на профессию в период обучения реализуется в недостаточной мере, это приводит к снижению мотивации и интереса студентов к общетехнической подготовке и, как следствие, к снижению качества вузовской подготовки в целом.

В содержание образования включаются предметы, формирующие компетентности будущей профессиональной деятельности, имеющие междисциплинарный, интегрированный характер, что позволяет готовить специалистов в постоянно меняющихся условиях жизни, труда и производства. Следует учитывать, что графическая подготовка неотделима от вузовской проектно-конструкторской подготовки. Графические дисциплины принадлежат к общеобразовательному циклу и считаются одними из самых «сложных» для обучающихся на первых курсах. Один из разделов графических дисциплин - Начертательная геометрия. Профессиональная подготовка ориентирована на обучение студента проектированию и моделированию различных производственных процессов с применением технических объектов. Все это основывается на формальном описании процессов, что невозможно без знания позиционных и метрических свойств объектов, методов преобразования. Начертательная геометрия прививает знания научных основ построения и исследования геометрических моделей и их графического отображения. Следовательно, методы Начертательной геометрии являются теоретической базой для решения задач технического черчения.

Следующий раздел графических дисциплин - это Инженерная графика. Технический чертеж не только отображает форму и размеры изделия, но и дает различные сведения о внутреннем содержании, материале, шероховатости, покрытии и видах обработки, расположении поверхностей, способах соединений частей изделия. Чертеж предмета состоит из взаимосвязанных изображений, выполненных по правилам прямоугольного проецирования, с соблюдением правил и условностей, изложенных в стандартах Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Чертеж является средством выражения замыслов конструктора и основным производственным документом, по которому изготавливают машины, механизмы, сооружения и их составные части.

В результате изучения и усвоения Начертательной геометрии и Инженерной графики студент должен: освоить методы построения изображений элементов любого предмета - точек, линий, плоскостей, поверхностей; усвоить способы решения позиционных задач на относительное положение, взаимную принадлежность предметов, определение общих элементов геометрических фигур; изучить способы определения натуральной величины отрезков прямых, плоских фигур; уметь выполнять развертки поверхностей; научиться выполнять изображения простых предметов в прямоугольных и аксонометрических проекциях в соответствии с правилами ЕСКД; уметь определять форму деталей по их изображению; освоить выполнение изображений крепежных резьбовых изделий - болтов, винтов, шпилек, гаек; научиться выполнять чертежи разъемных и неразъемных соединений деталей; уметь оформлять эскизы деталей с натуры; читать сборочные чертежи изделий; выполнять изображения деталей по сборочному чертежу изделия; свободно пользоваться учебной и справочной литературой.

Элементы Начертательной геометрии и Инженерной графики входят в курс Компьютерной графики. В данном курсе изменен традиционный подход к преподаванию Начертательной геометрии,

геометрические модели и алгоритмы решения задач выполняются в 3D-технологии проектирования. Начертательная геометрия закладывает навыки, помогающие на начальном этапе создания модели формировать ее внешний вид. Так как процесс проектирования имеет такую особенность, как неоднократное возвращение к началу проекта, а на практике к частому изменению внешней формы изделия, то значение развитого пространственного воображения и логических способностей трудно недооценивать. Основным препятствием освоения Начертательной геометрии является сложность восприятия проекционного чертежа, так как проекция формируется в сознании работой мозга, а для обработки графической информации, данной в обобщенном виде, требуется подключение не только логического мышления, но и образного. Используя информационные технологии, например, мультимедиа, можно значительно облегчить восприятие и наблюдать трехмерные модели и соответствующие плоские проекции в реальном режиме времени при изменении точки зрения. Обеспечение курса графической подготовки компьютерными программами позволяет у будущего специалиста сформировать инженерное видение и компьютер берет на себя рутинную часть работы по оформлению чертежей.

В процессе освоения графических дисциплин с позиций сравнительно нового компетентностного подхода студент должен развивать и демонстрировать следующие общепрофессиональные компетенции:

- освоение законов геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей, составления конструкторской документации и деталей;
- владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией;
- способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях [1].

Графические дисциплины связаны с другими дисциплинами общеобразовательного цикла и специальными курсами. Все технические дисциплины оперируют чертежами, построенными с помощью методов Начертательной геометрии. Например, программа графического обучения студентов предусматривает изучение кривых линий и их проекционных свойств. В изучении ряда дисциплин часто используют кривые линии, с их помощью можно создавать наглядные химические и технические модели, устанавливать и исследовать функциональную зависимость между различными величинами и параметрами, строить равносильные многокомпонентные системы. С помощью линий удастся упростить решение многих задач. На кафедрах механических специальностей широко используют приборные методы, результаты которых представляют в виде графиков, то есть обучающийся и здесь занимается анализом кривых линий.

Дипломированный вузовский выпускник в практической деятельности при проектировании и модернизации химико-технологического оборудования не может обойтись без знаний Начертательной геометрии и Инженерной графики. По самому подробному теоретическому описанию невозможно достаточно полно представить себе предмет обсуждения, оно не может заменить чертеж, построенный по определенным геометрическим правилам. При освоении графических дисциплин необходима правильная мотивация, добиться которой можно путем приближения изучаемого материала к потребностям будущей специальности студента. Задача преподавателя состоит в том, чтобы постоянно доказывать «нужность» того, что он преподает. Так при изучении тем Начертательной геометрии «Поверхность», «Развертка» студентам объясняют, что с помощью способа развертки фигура, полученная в результате совмещения развертываемой поверхности с плоскостью, является основой для построения выкроек изделий из листового материала на производстве. По этим выкройкам путем свертывания или соединения с помощью сварки, пайки, клейки, клепки придается форма поверхности изделий. Будущим специалистам разъясняют, что именно так изготавливают наиболее распространенные элементы машин и аппаратов химико-технологических производств: трубопроводы, купола, кожухи, резервуары, реакторы, теплообменники, колонны. Приведенные примеры изучения поверхностей и построения их разверток указывают на практическую применимость полученных знаний, дают в дальнейшем возможность студентам-старшекурсникам лучше представлять форму и конструкцию изделий при изучении специальных дисциплин и выполнении курсовых и дипломных проектов [2].

Студенты кафедры «Машины и аппараты химических производств» изучают аппараты различных конструкций, которые, в основном, представляет собой коническую и цилиндрическую поверхности. Например, конструкции реакторов требуют надежного и прочного соединения поверхностей, поэтому изучение рассмотренных тем Начертательной геометрии тесно связано с изучением в дальнейшем темы «Разъемные и неразъемные соединения» Инженерной графики. Постоянное использование подобных примеров позволяет уже на ранних стадиях обучения привить

студентам интерес к будущей специальности. Вся деятельность преподавателя направлена на глубокое усвоение студентами программного материала и формирование умения использовать изученный материал в дальнейшем. Необходим и регулярный контроль соответствия уровня начальной проектно-конструкторской подготовки специальным дисциплинам.

Можно выделить три уровня проектно-конструкторской подготовки студентов в зависимости от личных качеств и способностей:

- первый, самый простой, предполагает изучение алгоритмов решения задач и существующих конструкций устройств и механизмов и умение повторить решение, известные действия, спроектировать аналогичные конструкции, адаптировать существующие устройства к конкретным производственным условиям;

- на втором студенту предлагается ввести в алгоритм не совсем стандартное решение задачи, внести в конструкцию изменения, направленные на совершенствование, это может быть как заимствование из других конструкций, так и разработка самого студента;

- третий, самый высокий уровень, подразумевает овладение творческой деятельностью в решении проблемных задач, проведение развернутого анализа существующих конструкторских решений и самостоятельную разработку на его основе оригинальной конструкции устройства.

Такой предмет, как Детали машин опирается на знания правил и приёмов Инженерной графики. Задача Деталей машин - дать рекомендации по методам, правилам и нормам проектирования для обеспечения выбора наиболее рациональных материалов, форм, размеров, степени точности и шероховатости поверхности, технических условий, исходя из заданных условий работы деталей машины. Целью курса является развитие инженерного мышления с точки зрения изучения современных методов, правил и норм расчёта конструирования деталей и сборочных единиц машин общего назначения. Знание курса Детали машин позволяет приступить к изучению цикла специальных дисциплин, в которых излагаются основы теории, расчёта, конструирования и эксплуатации машин соответствующего назначения. Курсовой проект по Деталям машин является важной самостоятельной работой студента, так как прививает ему навыки изобретательства, рационализации, пользования технической литературой.

При изучении Деталей машин и Теории механизмов и машин студенты выполняют механические расчёты, наносят технологические параметры обработки изделия и создают курсовой проект. При усвоении учебного материала Процессов и аппаратов химических производств, Гидравлики, Термодинамики и теплотехники студенты производят технологические расчёты различных процессов и оборудования. И даже при экологических расчётах используют геометрические чертежи моделей.

Проектно-конструкторская компетентность понимается как личностная, формируемая характеристика способности и готовности вузовского выпускника, проявляющаяся в проектировании на основе владения специальными знаниями, умениями и использовании современных технологий и средств. Студент, занимающийся проектно-конструкторской деятельностью, способен применять свои способности в различных ситуациях и разных сферах деятельности. Курсовые проекты, выполняемые во второй половине вузовского обучения, имеют огромное значение в системе подготовки высококвалифицированных, компетентных специалистов. Осуществление проектов позволяет закрепить полученные теоретические знания на практике и приблизить обучение к реальной трудовой деятельности, развивает умение студентов читать, понимать и грамотно выполнять чертежи. Исходным материалом для проектных работ являются материалы производственных практик.

Постепенно усложняющиеся курсовые проекты плавно подводят студентов к выполнению дипломного проекта. Дипломный проект обязательно состоит из трех частей - конструкторской, технологической и исследовательской, что обусловлено особенностями решаемых технических задач. Известно, что даже самую простую производственную проблему нельзя решить силами только технологов, или только конструкторов, всегда нужен целостный подход с элементами исследовательской деятельности. При выполнении дипломного проекта студент решает поставленную перед ним актуальную производственную задачу, взятую с действующего предприятия. Этим достигается две цели: максимальная приближенность к производственной действительности и максимальная самостоятельность в работе. Дипломный проект, содержащий комплект конструкторской документации и включающий в себя все этапы проектирования и конструирования, завершает вузовскую конструкторскую подготовку. Студент при выполнении дипломного проекта реализует, а при его защите демонстрирует приобретенные за годы обучения навыки и умения доносить до других собственные идеи. Выпускник вуза по направлению «Машины и аппараты химических производств»: определяет цели и задачи проекта; анализирует поставленную

проектно-конструкторскую задачу; выявляет приоритеты решения подзадач проекта; разрабатывает эскизы и рабочие чертежи; проводит технико-экономические расчеты; осуществляет обоснованный выбор проектных решений; разрабатывает проект с учетом конструкторских параметров; использует и разрабатывает графическую техническую документацию; использует компьютерные технологии для решения проектно-конструкторских задач.

Современные требования, предъявляемые к вузовской подготовке, предполагают наличие у студента специальных компетенций, определяющих владение собственно профессиональной деятельностью на достаточно высоком уровне и готовность к инновациям в будущей профессиональной области [3]. Следовательно, для достижения успеха в трудовой деятельности выпускники вуза должны уметь быстро учиться и переучиваться, быть профессионально мобильными. Специалистом, способным решать технические задачи станет лишь тот, кто усвоит взаимосвязь между фундаментальными, прикладными, общетехническими и специальными знаниями, а так как графическая подготовка является базисной, то ее отставание от сегодняшних реалий потянет назад и успешное освоение других дисциплин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермилова, Н. Ю. Графическое образование инженера: компетентностный подход / Н. Ю. Ермилов // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. - 2011. - № 3 (17).
2. Зотов, Ю. Л., Шипаева, Т. А. Взаимосвязь общеобразовательных и специальных дисциплин в политехническом вузе / Ю.Л. Зотов, Т. А. Шипаева // Вестник высшей школы. – 2002. - № 2. – С. 24-26.
3. Елизаров, Д. В. Профессиональная компетентность специалиста технического вуза / Д. В. Елизаров // Вестник КГТУ. №3. Ч.1. - Казань: Изд-во КГТУ, 2009.- С.108-111.

Наджафов Дж.Ю.,

Гусейнова Э.А.,

Аджамов К.Ю.,

*Азербайджанская государственная нефтяная академия,
Азербайджан, Баку*

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ХЛОРПАРАФИНОВ

На промышленных производствах окиси пропилена и эпихлоргидрина накапливаются тысячи тонн не утилизируемых хлор- и кислородсодержащих отходов, представляющих собой, в основном, ди- и трихлорпропаны, хлорпропены, хлорсодержащие эфиры и хлоргидрины. Можно сказать, что на нефтехимических предприятиях созданы предпосылки экологического кризиса и эта острая проблема требует комплексного технологического подхода [1-3].

В Азербайджане, являющемся членом Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, которая вступила в силу 17 мая 2004 года, для уничтожения хлорорганических продуктов используется достаточно широкий спектр методов. Однако, в целом, утилизация хлорсодержащих выбросов остается энерго- и ресурсозатратной: требует значительных средств из-за высокой сложности процессов для его переработки.

Хлорорганические отходы являются потенциальным сырьем для получения аллена (А) и метилацетилена (МА) путем каталитического элиминирования хлорпарафинов. Повышенный интерес к производству А и МА связан с широким спектром практически полезных свойств этих соединений, которые используются в химической технологии для получения ценных продуктов [4-6], применяемых в фармацевтической, пищевой и других отраслях, а также являются компонентами газов, применяемых при резке, сварке, пайке металлов. А и МА могут служить исходным сырьем для получения новых видов присадок и добавок к топливам, упростят и удешевят технологию получения многих традиционных продуктов нефтехимии.

В связи с этим проведение комплексных исследований по поиску эффективных каталитических систем, изучения влияния технологических параметров на показатели процесса, а также механизма протекающего элиминирования 1,2-дихлорпропана (1,2-ДХП) в А и МА, обладают очевидными достоинствами.

Продукты каталитического превращения 1,2-ДХП представляют собой сложную смесь различных органических (хлорорганических) соединений, которые при охлаждении до -10°C – 0°C разделяются на две фазы – жидкую и газовую.

В газовой фазе содержатся метан, этилен, пропан, пропилен, аллен, метилацетилен и углеводороды C_4 . В жидкой фазе концентрируется неконвертированное сырье, изомеры хлорпенов, а также следовые количества высокомолекулярных продуктов.

В ходе проведенных ранее исследований было установлено, что степень превращения 1,2-ДХП и перераспределение продуктов реакции в жидкой и газовой фазах, меняется в зависимости от природы катализатора [7,8]. В ходе кинетических исследований [9] было установлено, что проявляемое отличие активности исследуемых контактов связано с различием энергии активации дегидрохлорирования 1,2-ДХП в присутствии катализаторов различной природы составила 93.44 кДж/моль, 77.18 кДж/моль и 54.9 кДж/моль в присутствии $\gamma - Al_2O_3$, CaX и керамзита соответственно. На основании наблюдаемых зависимостей селективности образования А и МА от степени превращения 1,2-ДХП предложены два маршрута реакции дегидрохлорирования: в случае $\gamma - Al_2O_3$ преимущественное образование А с последующей изомеризацией в МА, происходит последовательно при участии ЛКЦ и ЛОЦ, тогда как на CaX и керамзите – по согласованному механизму при совместном участии ЛКЦ и БКЦ.

Полученные кинетические данные хорошо согласуются с экспериментальными. Так, если в присутствии окиси алюминия образуется преимущественно МА, то на CaX и керамзите – А. Выход целевой фракции в присутствии керамзита (21,9%) в пересчете на пропущенное сырье значительно превышает количество образующихся А и МА на CaX (8,3%) и окиси алюминия (3%). На основании экспериментальных данных, полученных при превращении 1,2-ДХП с образованием метилацетиленалленовой фракции (МАФ) исследуемые катализаторы можно расположить:

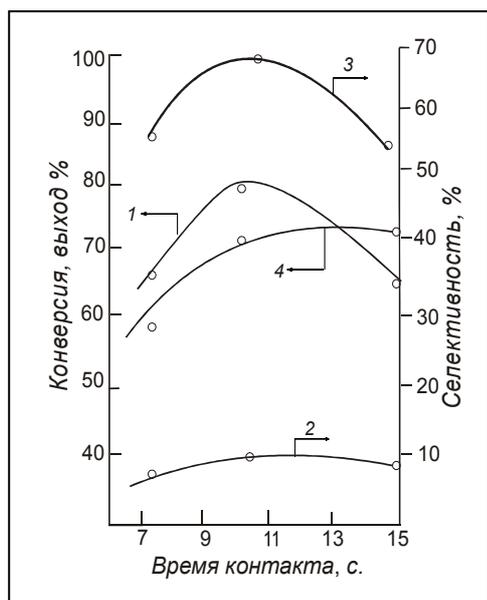


На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что задача селективного получения C_3H_4 -изомеров может успешно найти свое решение, если проводить процесс элиминирования ДХП в присутствии керамзита.

Влияние температуры и времени контакта на процесс каталитического превращения 1,2-ДХП в присутствии керамзита было изучено в интервале температур 400-500°C и времени контакта 7-15 с.

Полученные данные свидетельствовали об экстремальном характере степени превращения сырья и селективности по А и МА от температуры процесса. Было установлено, что при 400°C, керамзит проявляет наименьшую активность, когда селективность по МАФ не превышает 37%. Увеличение температуры до 500°C приводит к уменьшению выхода А и МА, на фоне увеличения образования этилена, пропилена, ПУ, хлористого водорода, и как следствие, изменению их соотношения в сторону побочных продуктов реакции. Тогда как проведение процесса дегидрохлорирования 1,2-ДХП с в присутствии керамзита при 450°C, позволяет достичь наиболее высоких показателей выхода целевых продуктов: 69,2% А и 9,8% МА (в газовой фазе), при более чем 70,9% конверсии исходного сырья. Содержание ПУ на поверхности керамзитового катализатора составляет 1,2%.

На рис.1 приведены сравнительные показатели степени превращения ДХП, выхода МАФ и селективности по А и МА от времени контакта.



Если начальное значение времени реагирования сырья (7 с) с катализатором характеризуется высоким значением непревращенного ДХП и, как следствие, низким выходом целевых продуктов – А и МА по абсолютным значениям, то увеличение времени контакта до 10.5 с приводит к повышению общего выхода газовых продуктов, – максимальное содержание суммы А и МА в газовой фазе составляет около 80%. Селективность по C_3H_4 -углеводородам также достигает своего наивысшего значения при времени контакта 10.5 с, тогда как последующее увеличение времени контакта приводит к уменьшению этого показателя процесса.

Рис.1. Влияние времени контакта на показатели процесса термокatalитического превращения 1,2-дихлорпропана на керамзите:

1-выход C_3H_4 -углеводородов; 2-селективность А; 3-селективность по МА; 4-конверсия 1,2-дихлорпропана.
(T = 450°C)

Время контакта 15 с сопровождается уменьшением суммарного выхода А и МА до 60%, а также ростом показателя выхода ПУ. Уменьшение выхода целевой фракции объясняется на наш взгляд, тем, что при адсорбции на активных центрах коксообразующих компонентов происходит закоксовывание поверхности катализатора и, следовательно, уменьшению образования целевых продуктов.

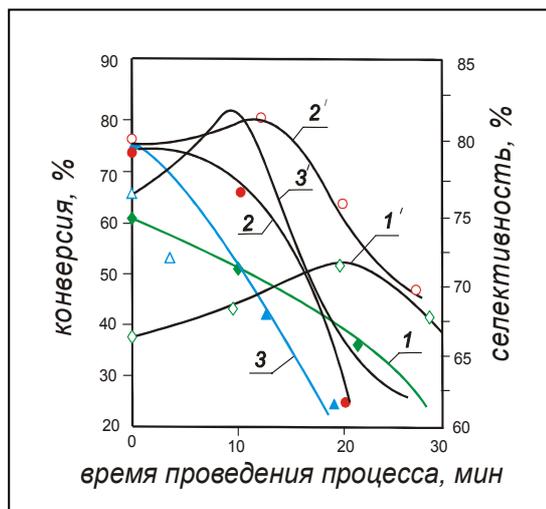


Рис.2. Температурная зависимость степени превращения ДХП (1,2,3) и селективности по C₃H₄-углеводородам (1',2',3') от времени работы керамзита при:

1-300°C; 2-450°C; 3-500°C.

Полученные в ходе экспериментов результаты по определению оптимального режима ведения процесса, позволили установить, что керамзит характеризуется наиболее высокими показателями выхода целевой фракции при 10.5 с и 450°C.

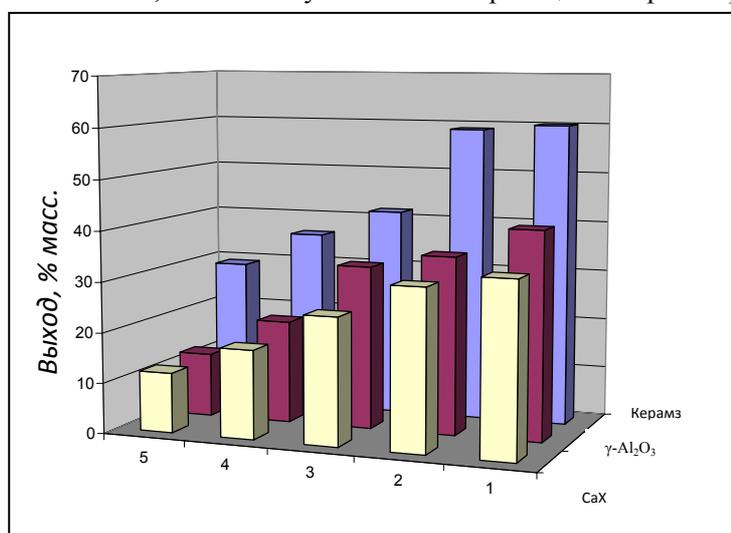
Далее с использованием керамзита было проведено сравнительное исследование активности катализатора от длительности проведения процесса (рис.2). В области умеренных температур (450°C, кривая 2) керамзит обеспечивает высокую (около 70%) степень превращения

исходного ДХП на протяжении 15 мин ведения процесса. При этом выход МАФ составляет не менее 78% в газовой фазе. Низкотемпературный режим, как и высокотемпературный не дают столь высоких результатов. В первом случае по причине низкой селективности по целевым продуктам, а во втором – быстрого падения активности вследствие преимущественного протекания процессов деструкции.

Данные, представленные на рис.2, также свидетельствуют о том, что проведение процесса элиминирования 1,2- ДХП в А и МА, в течение длительного времени, невозможно без применения технологии периодической регенерации катализатора.

В настоящее время ни у кого не вызывает сомнения, что основным фактором, вызывающим старение катализаторов, воздействие реакционной среды [10]. Общеизвестно, что в практическом катализе закоксовывание и связанное с ним падение активности усложняет, а иногда сводят на нет применение эффективных, но быстро коксующихся катализаторов. В ряде случаев процесс закоксовывания вызывает ещё большие потери, поскольку ради снижения скорости закоксовывания приходится изменять режим работы промышленных реакторов в ущерб целевому процессу.

В основу исследования воспроизводимости активности исследованных катализаторов был положен комплексный анализ регенерационных циклов (рис.3). Оптимальную температуру регенерации выбрали равной 700°C. Полученные данные свидетельствовали о том, что активность цеолитсодержащего катализатора после 3-го цикла регенерации уменьшалась почти вдвое. Относительно CaX, оксид алюминия характеризуется более высокими эксплуатационными свойствами, и поэтому начальные реакционно-регенерационные циклы не оказывают сильного



влияния на его активность в процессе дегидрохлорирования ДХП. Однако уже после 4-ой регенерации его активность также, как и CaX, резко уменьшается. Вероятно, это связано с тем, что при увеличении числа регенеративных циклов оксида алюминия и CaX, процесс выгорания

Рис.3. Зависимость содержания А и МА в газовой фазе в реакции дегидрохлорирования 1,2-ДХП на катализаторах различной природы от количества реакционно-регенерационных циклов.

ПУ происходит на фоне скачкообразного роста температуры и спекания поверхности, сегрегации активных центров. С ростом времени работы на поверхности катализаторов образуется кокс с высокой степенью поликонденсации, и для его полного удаления требуется более высокая температура ($>700^{\circ}\text{C}$) и более длительная продолжительность регенерации. В то же время повышение температуры окислительной обработки зауглероженных катализаторов может вызвать необратимые изменения, частичное разрушение кристаллической структуры цеолита и Al_2O_3 , а также изменение соотношения активных центров различной природы.

Более высокая стойкость к керамзита к регенерации может быть связана с рядом причин: более высокая кислотность керамзита [6], и, в отличие от CaX, оксидная система керамзита, состоящая из SiO_2 , Al_2O_3 , CaO, MgO и Fe_2O_3 может расходовать часть решеточного кислорода на окисление ПУ, что снижает степень зауглероживаемости образца. Сравнительные данные показали, что скорость выгорания углерода в случае керамзитового катализатора примерно 30% выше, чем на Al_2O_3 и CaX системах.

На основе экспериментальных данных можно предположить механизм возможного влияния подвижности кислорода в оксидном керамзитовом катализаторе на динамику переходных режимов быстропротекающих каталитических реакций элиминирования ДХП и образования ПУ, когда присутствие кислорода на поверхности препятствует зауглероживанию, участвуя в процессе их горения, обеспечивает высокую активность катализатора на протяжении длительного периода времени.

Причиной падения активности керамзитового катализатора может являться постепенное разрушение активных центров, за счет их удаления вследствие сублимации при проведении многократной высокотемпературной окислительной регенерации. В то же время можно отметить невысокую температуру конца горения кокса, что свидетельствует об образовании углеродных продуктов с относительно невысокой степенью поликонденсации.

Таким образом, экспериментально установлено, что использование керамзитового катализатора как наиболее активного среди прочих (CaX и оксид алюминия), в качестве новой каталитической системы для переработки 1,2-дихлорпропана с образованием аллена и метилацетилена, что дает возможность создания новых технологий утилизации опасных хлорорганических отходов на принципах зеленой химии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трегер Ю.А. Получение хлорорганических продуктов /Ю.А. Трегер //Хлорорганический синтез: тезисы докладов семинара. — Москва, 2006.— С.28-33.
2. Промышленные хлорорганические продукты: справочник / Под ред. Л.А. Ошина. М.: Химия, 1978. - 656 с.
3. Хундякова К.А. Экологическая безопасность на предприятии http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/thesis/s4/s4_059.pdf
4. Romanenko A.V., Tyschishin E.A., Moroz E.M. et al // Appl.Catal A: General.2002.V.227.№ 1-2. P.117.
5. Симакова И.Л., Семиколонов В.А. // Кинетика и катализ.2000. Т.41. № 3.С.383.
6. Bonarowska M., Pielaszek J., Semikolenov V.A., Karpinski Z. // J.Catal.2002.V.209. № 2. P.528.
7. Наджафов Дж.Ю. Гетерогенно-каталитическое элиминирование 1,2-дихлорпропана на CaX // АМЕА, Журнал химических проблем,2009, №4.стр.624-628.
8. Наджафов Дж.Ю. Катализаторы получения аллена и метилацетилена // Российский конгресс по катализу «РОСКАТАЛИЗ», Москва, 2011 г., С.269.
9. Наджафов Дж.Ю. Исследование процесса каталитического дегидрохлорирования 1,2-дихлорпропана // Журнал прикладной химии. 2011. Т. 84. Вып. 9, С.1482-1490.
10. Боресков Г. К. Гетерогенный катализ. - М.: Наука, 1986. - 304 с.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ СБОРНОЙ НЕФТИ, ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕПРЕССОРНЫМИ ПРИСАДКАМИ

В настоящее время большая часть разработанных месторождений нефти характеризуются повышенным содержанием парафинов, которые ухудшают низкотемпературные свойства нефти и затрудняют их транспортировку из-за образования на стенках трубопровода асфальтосмолопарафиновых отложений и увеличения вязкостных характеристик [1]. Эти процессы приводят к значительным нарушениям технологических процессов, повышенному износу оборудования, дополнительным материальным затратам и ухудшению экологической ситуации на промыслах [2]. Единственной возможностью снижения затрат на добычу и транспорт подобных нефтей является управление их реологическими характеристиками с применением специальных методов воздействия, в том числе термообработки и депрессорных присадок [3].

С учетом перспективы развития трубопроводной системы России, при дальнейшем ухудшении реологических характеристик перекачиваемых с подогревом по магистральному трубопроводу «Уса-Ухта-Ярославль» нефтей Тимано-Печерского региона, встает вопрос о модернизации существующего способа перекачки высокозастывающей смеси нефтей с использованием депрессорных присадок нового поколения.

Целью работы являлось изучение вязкостно-температурных свойств высокопарафинистых нефтей в смеси с высокосмолистыми тяжелыми нефтями и введением депрессорных присадок, перекачиваемых по магистральному нефтепроводу «Уса-Ухта-Ярославль».

Исследование реологических свойств, а именно температуры застывания и эффективной вязкости сборной нефти при отрицательных температурах, проводилось на приборах серии «Кристалл», разработанных в Институте химии нефти СО РАН.

Исследуемая нефть является высокозастывающей высокопарафинистой высокосмолистой и характеризуется повышенным содержанием парафинов (около 8 %мас.), смол и асфальтенов (16,9 %мас. и 3,3 %мас. соответственно). В качестве депрессорных присадок использовали промышленно-выпускаемые реагенты импортного и российского производства Flexoil WM1470, Д-210, СНПХ-2005, ДПН-1. Присадки вводили в нефть в концентрации 0,01 - 0,5 %мас.

Так введение в нефть 0,05 %мас. присадки СНПХ-2005 приводит к ухудшению реологические свойства – вязкость нефти в температурном интервале 0 – минус 9 °С увеличилась на 8 -10 % (рис. 1). Незначительный депрессорный эффект снижения вязкости на 10 % был получен при добавке 0,01 % мас. присадки Flexoil WM1470. Температура застывания нефти при этом снизилась всего на 2 - 2,5 °С.

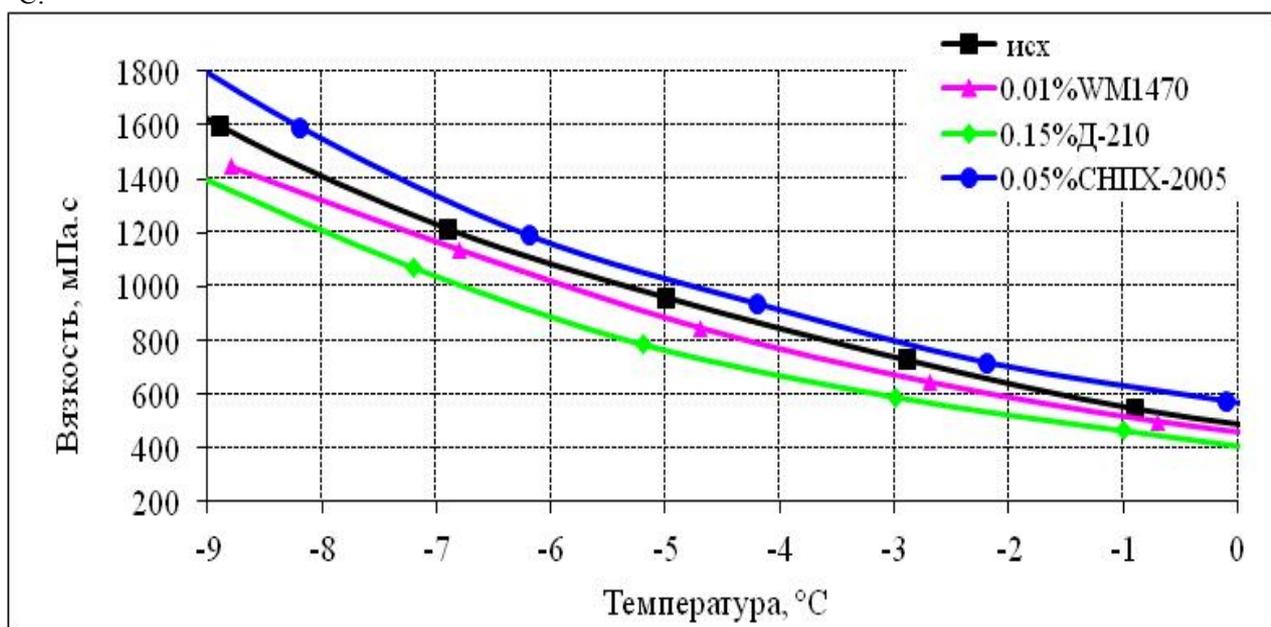


Рис. 1. Зависимость вязкости сборной нефти с добавками присадок от температуры

При использовании присадки Д-210 (0,15.%мас) вязкость нефти при температуре 0 °С снизилась на 20 %, а с понижением температуры до минус 9 °С на 13 – 22 %. При этом температура застывания снизилась на 13,2 °С – с 1,4 до минус 11,8 °С.

Максимальный депрессорный эффект был получен с присадки ДПН-1, которую вводили в нагретую до 25 °С нефть в концентрации 0,05 и 0,5.% мас (рис. 2).

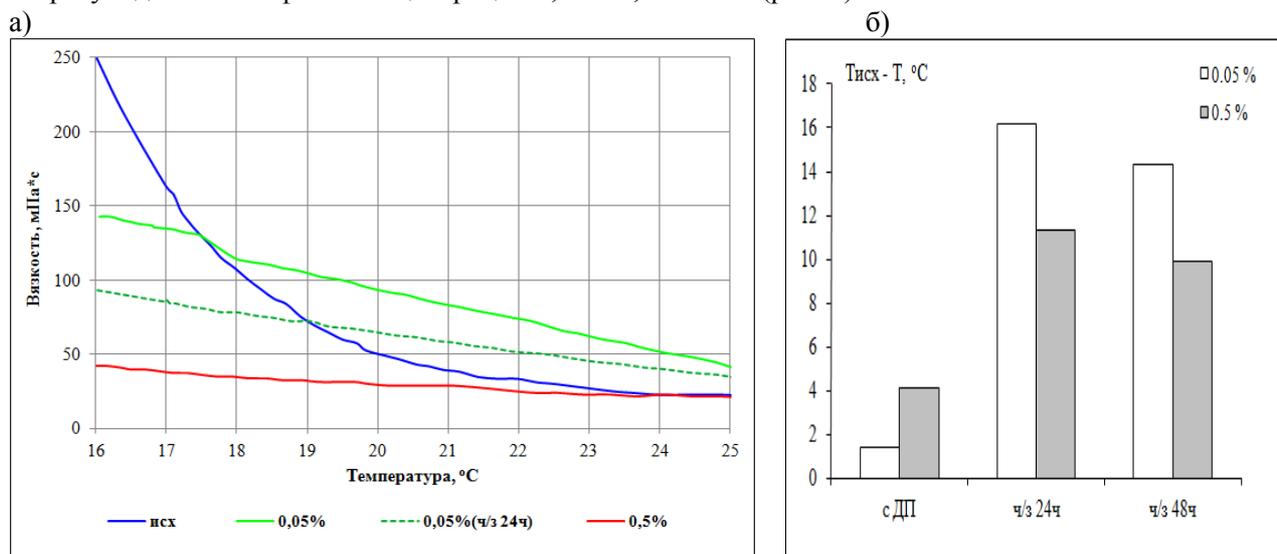


Рис. 2. Влияние концентрации присадки ДПН-1 на а) вязкость и б) депрессорный эффект снижения температуры застывания сборной нефти

Вязкость обработанной нефти (0,05 %мас) при 25 С возрастает на 48 %, а при 16 С уменьшается на 35 % относительно исходной нефти. Через сутки при температуре 16 С вязкость термически обработанной нефти с той же концентрацией присадки снизилась на 58 %.

При добавлении в нагретую нефть 0,5 %мас присадки наблюдается уменьшение вязкости при температуре от 20 до 16 С на 41 – 81 %.

Депрессорные свойства присадки по снижению температуры застывания нефти при добавлении 0,05 %мас. невысокие – снижение Тз составило 1,4 С, а при добавлении 0,5 %мас. присадки температура застывания снизилась 4,1 С. Через сутки депрессорный эффект резко возрастает: при концентрации присадки 0,05 %мас. – до 16,2 С, а у нефти с концентрацией ДПН-1 0,5 %мас. – до 11,3 С. Через 2 суток эффективность присадки снижается и разность Тз обработанной и необработанной нефти при добавке 0,05 %мас. составляет 14,3 С, а при концентрации 0,5 %мас. – 9,9 С.

Таким образом, максимальными депрессорными свойствами снижения вязкости обладает присадка ДПН-1 при вводе в нагретую до 25 °С нефть в концентрации 0,5 % мас. При этом в диапазоне температур от 20 до 16 С вязкость снизилась на 40 – 80 %. Наибольшее снижение температуры застывания отмечено через сутки после добавления 0,05 %мас. присадки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ткачев О.А., Тугунов П.И. Сокращение потерь нефти при транспорте и хранении. М., Недра. 1988. 118с.
2. Тертерян Р.А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам. М., Химия. 1990. 237с.
3. Урьев Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М.: Химия, 1988. 256с.

Пикалова М.И.,

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

КЛАССИФИКАЦИЯ ПАЛЕЗОЙСКИХ НЕФТЕЙ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО БИОМАРКЕРНЫМ ПАРАМЕТРАМ

В центральной части Западной Сибири подавляющее число залежей нефти открыто в меловых отложениях. На их долю приходится основная часть запасов и сегодняшней добычи и переработки. В скором времени ресурсы добываемых мезозойских нефтей исчерпают себя и тогда остро встанет

вопрос о добыче и переработке нефтей палеозоя. Для того чтобы избежать потерь на производстве при переходе на переработку другого сырья необходимо заранее оценить ресурсный потенциал данных нефтей, а также их физико-химические характеристики и соответственно спланировать возможные схемы при изменении переработки.

Целью данной работы является классификация палеозойских нефтей Западной Сибири по биомаркерным параметрам.

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории Геохимии и пластовых нефтей «ТомскНИПИнефть». Были исследованы 13 проб палеозойских нефтей Юго-Востока Западной Сибири на молекулярном уровне по биомаркерным параметрам, по содержанию и составу которых можно судить о типе органического вещества, условиях осадконакопления и уровне катагенеза. При анализе был использован хроматомасс-спектрометр «Hewlett Packard» 6890/5973, снабженный масс-селективным детектором (МСД), с применением программного обеспечения системы «ChemStation» для сбора и обработки результатов анализа.

Для каждого исследуемого образца были реконструированы хроматограммы, анализ которых позволил идентифицировать химические соединения, содержащиеся в образцах, а также определить их относительное содержание. Проводились детальные исследования биомаркеров – терпанов и стеранов. Площади пиков терпанов определялись по характеристическим ионам $m/z=218$, стеранов по $m/z=191$. Были определены основные молекулярные параметры на основе содержания биомаркеров (рисунок 1-3), которые отображают происхождение нефти и ее характеристики.

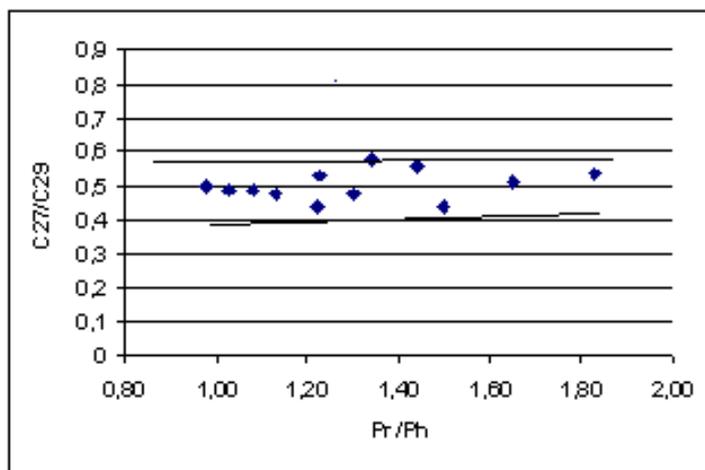


Рис. 1. Зависимость C_{27}/C_{29} от Pr/Ph

На рисунке 1 представлена зависимость C_{27}/C_{29} от Pr/Ph . Отношение стеранов C_{27}/C_{29} (сумма C_{27} -стеранов / сумма C_{29} -стеранов) характеризует исходный тип ОВ, а относительный молекулярный параметр Pr/Ph (отношение пристана к фитану) условия осадконакопления. Показано, что C_{27}/C_{29} изменяется в узком диапазоне (0,45-0,55). Это свидетельствует о том, что все палеозойские нефти Юго-востока Западной Сибири близки по составу биопродуцентов, но отличаются по условиям захоронения ($Pr/Ph=1,03-1,83$). Принято считать, что для морских биопродуцентов соотношение $C_{27}/C_{29}>1$ [1]. В данном случае этот параметр $C_{27}/C_{29}<1$, что должно свидетельствовать о вкладе наземной растительности в состав нефтей. В литературе ранее уже отмечался факт того, что для нефтей связанных с палеозойскими и более древними морскими нефтематеринскими породами характерной чертой является преобладание C_{29} стеранов над C_{27} стеранами ($C_{27}/C_{29}<1$). Тип исходного ОВ также характеризует отношение терпанов $C_{35}/C_{34}=17\alpha(H),21\beta(H)-29-Pentakishomohopane$ 22S/ $17\alpha(H),21\beta(H)-29-Tetrakishomohopane$ 22S. Для данных нефтей параметр $C_{35}/C_{34}>0,6$, следовательно, все нефти имеют морские биопродуценты. Об уровне зрелости нефтей свидетельствуют следующие молекулярные параметры: Ts/Tm , $C_{31}HSR$.

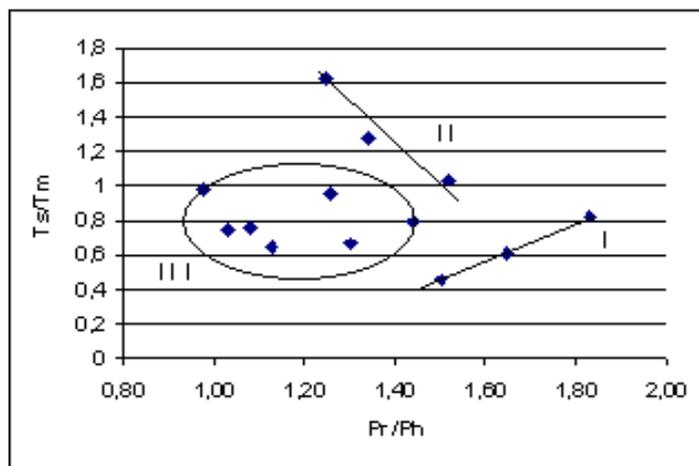


Рис. 2. Зависимость Ts/Tm от Pr/Ph

I- Кулгинская (1), Кулгинская (2) и Южно-Тамбаевская (2); II- Герасимовское (2), Южно-Урманская, Останинская; III- Арчинское, Северно-Калиновое, Пинджинское, Калиновое (1), Калиновое (2)

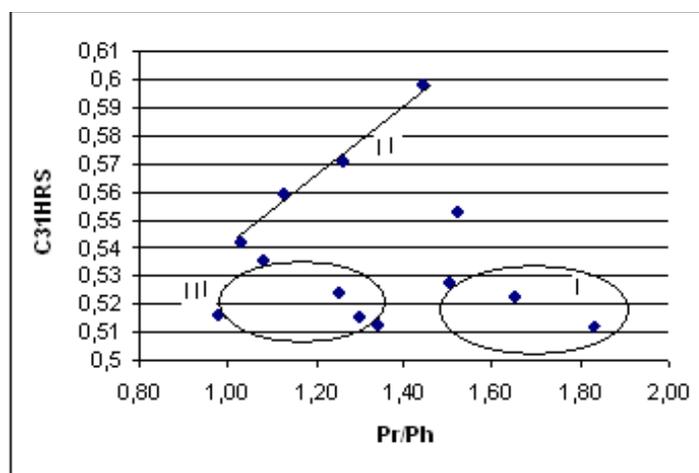


Рис. 3. Зависимость C31HRS от Pr/Ph

Обозначение см. рисунок 2

Анализ полученных результатов показал, что нефти можно разделить на три группы по уровню зрелости. II группа включает в себя более зрелые нефти, чем I и III. I и III группы нефтей схожи по уровню зрелости, но отличаются по условиям осадконакопления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Peters, K.E., Walters, C.C., Moldowan, J.M. (2005) The biomarker guide. Cambridge, U.K., 1155 p.

*Руденко М.Ф.,
Сурков М.И.,
Каримов М.Ш.,*

ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ И МАЗУТА ПРИ ОБРАБОТКЕ УЛЬТРОФИОЛЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Проводится постоянный поиск методов воздействия на углеводородное сырье с целью повышения глубины и эффективности его переработки [1-3]. Применяются магнитные и акустические поля, электромагнитные излучения в широком спектральном диапазоне от микроволновых источников до гамма излучения и высокоэнергетических потоков электронов. При множестве предложений лишь небольшое число альтернативных методов доводится до промышленного использования. Одной из перспективных разработок является реактор, с

использованием солнечного излучения, фокусировка которого создает не только тепловой поток, но и интенсивную компоненту ультрафиолетового излучения [4]. УФ излучение инициирует фотохимические реакции расщепления углеводородов от нормальных парафинов до полициклических ароматических структур на более простые компоненты, а также фотоокислительные процессы, протекающие по радикально-цепному механизму [5]. Расходы на свет при фотовозбуждении составляет малую часть общей стоимости конечного продукта как при использовании искусственных источников, так и естественного солнечного излучения. Ограничения применения фотохимических методов связаны с необходимостью использования прозрачных реакторов, прозрачных кожухов ламп, стенки которых загрязняются смолообразными продуктами поглощающими свет. Однако эти ограничения могут быть сняты с помощью различных технологических приемов, таких как освещение поверхности падающих тонких слоев, использование ламинарных потоков несмешивающихся жидкостей, применение пузырьков газа вызывающих турбулентность и увеличение облучаемой поверхности.

Авторами проводилась фотообработка УФ излучением тяжелой нефти месторождения Маныч (Калмыкия) и мазута Астраханского газоперерабатывающего завода в процессе их температурного превращения. Пробы исходных продуктов взвешивали с точностью 1г в колбе Вюрца емкостью 0,5 л и помещали в перегонную установку. Нагрев проводили в колбонагревателе ПЭ-400 с плавной регулировкой температурного режима до 450⁰С.. Температуру процесса контролировали с помощью термометры с точностью 1⁰С. В процессе нагревания контролировали выход светлых фракций и газа. Время проведения каждого цикла составляло около 1 часа. В качестве источника излучения использовали УФ лампу ДРТ-400 [6].

Манычская нефть с содержанием парафина 19,3% масс., высоким содержанием хлористых солей 1,13% масс. и воды 7,6% масс. исследовалась в трех вариантах – без облучения, при непрерывном воздействии УФ и с предварительной активацией ультразвуком частотой 43 кГц в ванне мощностью 60 ватт. Активация осуществлялась в текучем состоянии продукта предварительно нагретого до 40⁰С. Фотообработку проводили непосредственно через стенки колбы в области горловины, то есть воздействие оказывалось главным образом на парообразное состояние продукта, так как прямое облучение сырья неэффективно из-за сильного поглощения в поверхностных слоях.

Мазут АГПЗ также сначала подвергали температурной обработке без какого либо предварительного воздействия с контролем выхода светлых фракций и газа. Основные технологические показатели мазута: плотность при 20⁰С 0,93 г/см³, условная вязкость при 80⁰С 2,4мм²/с, температура вспышки в открытом тигле 182⁰С, коксуемость 0,1% масс.. Затем продукт предварительно облучали в тонком слое в присутствии двуоксида титана в модификации рутила. Это соединение относится к категории фотокатализаторов и широко применяется в настоящее время для разложения органических соединений под действием УФ излучения. В этих опытах мазут и катализатор равномерно распределялись в виде слоя толщиной около 1,5 мм на внутренней поверхности лотка покрытого фольгой из алюминия, поскольку этот металл имеет высокую отражательную способность в УФ диапазоне и повышает эффективность обработки. Источник излучения (ДРТ-400) располагали на расстоянии 5см от поверхности. Время экспозиции составляло не более 3 минут, поскольку при более длительном воздействии возрастала температура продукта и наблюдались первичные признаки деструкции. Процесс обработки проводили в несколько приемов для накопления необходимого количества продукта и затем нагревали без облучения УФ с контролем выхода светлых фракций и газа.

Полученные при термическом превращении газообразные продукты анализировали методом газодсорбционной хроматографии.

Выполненные измерения проводили с целью выделения эффекта воздействия УФ излучения на тяжелые нефтепродукты в процессе их температурного превращения.

На рисунке 1 приведено относительное содержание светлых фракций, тяжелого остатка и газообразных продуктов при нагревании тяжелой нефти без обработки, при воздействии УФ без предварительной активации и с активацией ультразвуком.

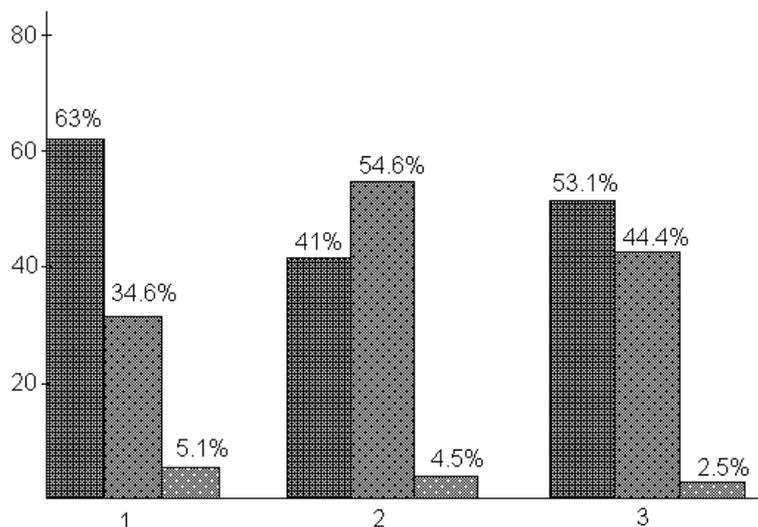


Рис.1. Относительное содержание фазовых компонент при температурном превращении тяжелой нефти(светлые фракции, остаток, газ). 1-без обработки, 2-обработка УФ без активации, 3-обработка УФ с активацией УЗ

Облучение УФ приводит к значительному уменьшению количества светлых фракций и увеличению доли тяжелого остатка. В обоих вариантах обработки наблюдается снижение газообразования, причем при УЗ активации примерно в 3 раза. В то же время при облучении возрастает относительная доля светлых продуктов.

В эксперименте не наблюдается влияния УФ излучения на выход светлых продуктов при температурах до 500⁰С. Предварительная активация ультразвуковым полем при последующем облучении УФ приводит к увеличению выхода светлых фракций на 10% при температуре 200⁰С и до 30% при 380⁰С.

Влияния УФ излучения на выход газа в интервале температур до 200⁰С не наблюдается. Незначительное увеличение газообразования в этом варианте наблюдается в интервале температур от 200 до 400⁰С и составляет около 3%. При УЗ преактивации существенно снижается выход газа при всех температурах до 400⁰С.

Аналогичные зависимости получены в опытах с мазутом, который предварительно обрабатывался УФ в присутствии катализатора двуокиси титана.

Как и для тяжелой нефти, отмечается уменьшение выхода светлой и газовой компонент и увеличение тяжелого остатка при действии УФ излучения.

Предварительное облучение мазута УФ с катализатором приводит к увеличению выхода светлых фракций от 3 до 20 % при изменении температуры от 400 до 450⁰С.

Отмечается изменение ряда физико-химических показателей светлых фракций, полученных при фотообработке нефти и мазута. В таблице 1 приводятся некоторые физические характеристики светлых продуктов до и после воздействия.

Таблица 1

Некоторые физические характеристики исследованных продуктов

Продукт	Плотность, кг/м ³	Вязкость кинемат., мм ² /с	Коэффициент преломления	Анилиновая точка, ⁰ С
Нефть без обработки	778	2,59	1,4460	78
Нефть обработана УФ	758	1,79	1,4410	69
Нефть обработана УФ с активацией УЗ	773	2.41	1.4473	74
Мазут АГПЗ Натуральный	887	13,03	1,5023	61
Мазут предв. обработан УФ с катализатором	873	9,98	1,4990	64

Под действием УФ без активации уменьшается плотность фракции симбатно с показателем преломления и кинематической вязкостью, причем уменьшение вязкости составляет 30% для нефти и

25% для мазута. Предварительная активация нефти УЗ также снижает значения указанных параметров за исключением преломления. Температура анилиновой точки уменьшается для Манычской нефти на 9⁰С при фотообработке и на 4⁰С при УЗ активации, что свидетельствует о смещении реакций в сторону увеличения содержания АРУ. Для мазута этот показатель, наоборот, увеличивается при УФ обработке на 3⁰С. Эти данные указывают на различные механизмы молекулярных превращений при действии УФ излучения на высокопарафинистую нефть и мазут.

В таблице 2 приведены результаты анализа методом газо-адсорбционной хроматографии компонентного состава газов, образующихся при температурном превращении анализируемых продуктов в различных вариантах воздействия.

Таблица 2

Содержание компонент в газовой фракции при фотообработке тяжелого сырья.

№	Компоненты	Тяжелая нефть			Мазут АГПЗ	
		Без обработки	Обработана. УФ	Обработана. УФ и УЗ	Необработ. натур.	Предв.обработ. с TiO ₂
1	Водород	0,29	0	0	0,49	0,35
2	Метан	17,57	0,89	4,0	16,98	17,21
3	Сероводород	2,05	0,80	15,92	2,0	13,66
4	Этан	16,41	1,83	1,54	16,36	15,98
5	Этилен	4,42	0,14	0,43	4,24	4,02
6	Пропан	37,07	34,09	23,35	36,42	25,32
7	Пропилен	0,40	4,36	15,05	1,35	14,81
8	Изобутан	1,27	23,61	15,38	2,02	0,95
9	Н-бутан	20,52	33,58	24,32	20,13	7,71

Для исследованных нефти и мазута более 90% газообразных продуктов приходится на нормальные парафины - метан, этан, пропан, бутан при незначительном содержании водорода (доли процента), сероводорода (2%), алкенов – этилена (4%), пропилена (0,4 и 1,35%).

При УФ воздействии на нефть резко уменьшается содержание метана и этана, но значительно увеличивается количество изобутана и особенно пропилена (более 10 раз). Ультразвуковая предварительная активация с последующим облучением УФ изменяет состав в сторону увеличения сероводорода и пропилена с уменьшением содержания пропана, бутана и изобутана. Содержание водорода при этом снижается практически до нуля. Предварительная обработка мазута УФ излучением с катализатором приводит также к значительному повышению содержания сероводорода (от 2 до 13%) и пропилена (от 1,35 до 14,8%) при уменьшении содержания пропана, бутана, изобутана.

Таким образом, совместное с температурным воздействием УФ облучение приводит к существенному изменению физико-химических характеристик исследованных нефтяных систем. Результаты измерений указывают на различие в механизмах действия УФ излучения на высокопарафинистую нефть месторождения Манычское и мазут АГПЗ.

Отмечается значительное увеличение доли тяжелых компонент и количественное уменьшение газовой фазы.

Ультразвуковая преактивация существенно уменьшает выход газа при обработке тяжелой нефти и повышает выход светлых компонент при температурах до 450⁰С.

При фотообработке существенно изменяется состав газовой фракции. Отмечается значительное увеличение доли пропилена при обработке нефти и мазута, а также изобутана при обработке нефти. Значительное изменение содержания пропилена при действии УФ излучения на исследованные углеводородные системы может использоваться при разработке методов утилизации попутных и хвостовых газов, а также в промышленных методах получения пропилена для снижения температуры пиролиза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахтин, Б.И. Улучшение эксплуатационных и технологических характеристик мазута электроимпульсным воздействием / Б.И. Бахтин, А.Л. Григорьев, А.В. Десятов, О.И. Корба, А.П.

- Кубышкин, Ю.А. Нагель // Глубокая переработка нефтяных дисперсных систем: Материалы IV – международной научно-технической конференции. – М.: Изд-во «Техника»-ТУМА ГРУПП, 2008. – С.136-138
2. Пивоварова, Н.А. Интенсификация процесса перегонки мазута совместным воздействием магнитного поля и ультразвука / Н.А. Пивоварова, Ю.Т. Пименов, В.Ф. Щугорев, С.Г. Зимина, Г.В. Власова, С.А. Адаспаева // Технология нефти и газа. –2008. – №6. – С.13-15.
3. Евдокимова, И.Г. Об интенсификации процесса получения нефтяных битумов модифицированием сырья / И.Г. Евдокимова, О.А. Горин, И.И. Батырова // Нефтегазопереработка-2009: Материалы международной научно-практической конференции. – Уфа, 2009. – С.168-172.
4. Надиров, Н.К. Влияние концентрированного гелиоизлучения на свойства нефтей // Научно-технологическое развитие нефтегазового комплекса: тезисы докл. 6-й Межд. Конф.(Томск, 5-9 сентября). – Алматы-Томск, 2006. – С.379-381.
5. Утебаев, У.А. Фотохимическое расщепление нефтей и нефтяных остатков / У.А. Утебаев, А.А. Каменский, Г.А. Машукова, И.А. Рубинер // Нефтепереработка и нефтехимия. – 1990. – №11. – С.21-24.
6. Уэйн Р. Основы и применения фотохимии. – М., Мир, 1991. – С.364.

*Сагдеев К.А.,
Галлямов Р.Ф.,
Сагдеев А.А.,*

*Нижнекамский химико-технологический институт
(филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ»;
Гумеров Ф.М.,
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»*

МЕТОД СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ФЛЮИДНОЙ ЭКСТРАКЦИИ В ЗАДАЧАХ РЕГЕНЕРАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРИРОВАНИЯ

Эффективность процессов химической и нефтехимической промышленности определяется в первую очередь активностью и стабильностью используемых катализаторов. В промышленных условиях активность катализатора практически любого нефтехимического гетерогенно-каталитического процесса со временем уменьшается вследствие образования отложений на активной поверхности. Поэтому стадия регенерации катализатора для многих нефтехимических производств является неизбежной.

Одним из основных продуктов ОАО «Нижнекамскнефтехим» является бензол. Для его получения используется пиролизный бензин ввиду наличия в нем ароматических углеводородов, включая бензол и бензолобразующие соединения, из которых может быть выделен бензол как товарный продукт в чистом виде. Однако, из-за присутствия в пиролизном бензине большого количества непредельных углеводородов, диеновый индекс этого бензина довольно высок, а сами полиненасыщенные углеводороды провоцируют появление смол и цветности. Кроме того, в пиролизном бензине содержатся сероорганические соединения, то есть для получения из пиробензина товарного бензола требуется его специальная очистка.

Согласно технологического регламента цеха 2107 ОАО «Нижнекамскнефтехим» процесс очистки пиролизного бензина осуществляется в два этапа:

- гидрирование диолефинов;
- гидрирование олефинов и обессеривание.

Первый этап заключается в полном удалении нестабильных компонентов пиробензина (диолефинов, алкенилароматики, соединений стирола) и частичном удалении олефинов посредством селективного гидрирования на палладиевом катализаторе LD-265.

Второй этап предусматривает глубокую очистку ароматической фракции C₆-C₈ от олефинов совместно с гидрообессериванием методом селективного гидрирования на никель-молибденовом (LD-145) и кобальт-молибденовом (HR-406) катализаторах. В таблице 1 приведены физико-химические характеристики катализаторов LD-145 и HR-406, используемых на ОАО «Нижнекамскнефтехим» [1].

В процессе гидрирования олефинов и гидрообессеривания фракции C₆-C₈ на поверхности катализаторов протекают неблагоприятные реакции поликонденсации и полимеризации крупных

молекул, что приводит к образованию кокса. Отложения кокса покрывают активную поверхность катализатора и значительно уменьшают его каталитическую активность и межрегенерационный период работы. Для удаления кокса на предприятиях химической промышленности традиционно используют так называемую окислительную регенерацию, заключающуюся в контролируемом выжиге кокса газовыми смесями, содержащими окислители (кислород) при температурах катализа и выше. Однако традиционные методы регенерации с помощью кислород содержащего газа или термической обработки острым паром являются многостадийными, трудоемкими и энергозатратными.

Таблица 1

Физико-химические характеристики катализаторов LD-145 и HR-406

Характеристики	LD-145	HR-406
Внешний вид	шарики серо-зеленого цвета 2-4	экструдаты голубого цвета в форме трилистника
Внешний диаметр, мм	0,82-0,94	1,1-1,3
Насыпная плотность после усадки, кг/л	120-1600	0,69-0,80
Удельная поверхность, м ² /г	0,36-0,50	180
Общий объем пор, см ³ /г	1,55	0,45
Прочность на объемное раздавливание, МПа		0,9
Содержание оксида молибдена (MoO ₃), % масс.	7,5	
Содержание оксида никеля (NiO), % масс.	11	13,5
Содержание оксида кобальта (CoO), % масс.	-	-
		2,7

Все это подтверждает обоснованность поиска новых способов регенерации катализаторов, которые можно было бы реализовать в неагрессивных и инертных средах при минимальных энергозатратах и на принципах экологической безопасности. Одним из перспективных методов регенерации катализаторов является процесс сверхкритической флюидной экстракции (СКФЭ).

Целью настоящей работы является исследование возможности регенерации катализаторов (гидрирования олефинов и обессеривания) LD-145 и HR-406 методом СКФ – CO₂ экстракции.

Для регенерации катализаторов с использованием СКФЭ процесса создана экспериментальная установка, описание которой приведено в работе [2].

Образцы отработанных (закоксованных) катализаторов получены с предприятия ОАО «Нижнекамскнефтехим», с реактора гидрирования фракции C₆-C₈ при их замене по истечении рабочего цикла.

Качественный анализ загрязняющих соединений дезактивированных катализаторов проведен с использованием ИК-спектроскопических исследований. Образцы катализаторов массой 10 г заливали 25 мл хлороформа. Через 2 часа полученный экстракт переносили на пластинку из NaCl и после выпаривания хлороформа получали тонкую пленку исследуемого вещества. Пластинку помещали в ИК-Фурье спектрофотометр Vector 33, оборудованный приставкой НПВО (нарушенное полное внутреннее отражение), и записывали спектры в диапазоне длин волн 600 ÷ 4000 см⁻¹ (рис.1 и 2).

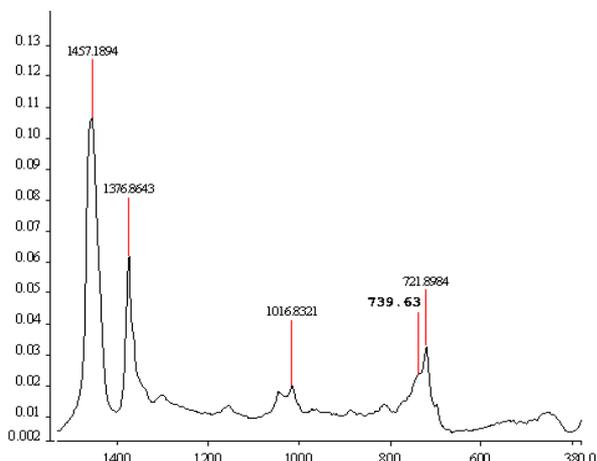


Рис. 1. ИК-спектры дезактивирующих

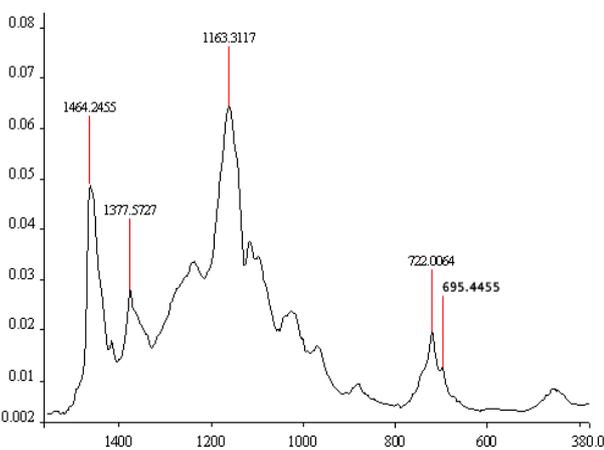


Рис. 2. ИК-спектры дезактивирующих

соединений катализатора HR 406

соединений катализатора LD 145

В данной серии опытов регенерацию катализаторов вели с использованием чистого СК-СО₂ при температурах 70 и 150 °С и давлениях 10, 15 и 20 МПа (рис.3). При этом наблюдается уменьшение первоначальной массы катализаторов (до 2,5%), что указывает на принципиальную возможность удаления отложений обсуждаемым методом.

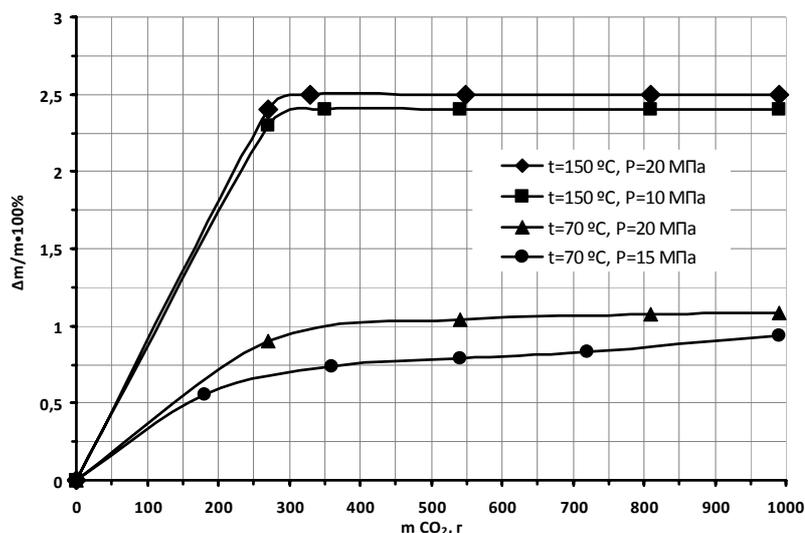


Рис. 3. Изменение массы отработанных катализаторов в процессе регенерации в зависимости от массы, использованного для этого экстрагента (чистый СО₂)

Сравнение ИК – спектров экстрактов дезактивирующих соединений, полученных из отработанных катализаторов до и после регенерации, подтверждает наличие изменений, а именно, снижение интенсивности полос поглощения соответствующих дезактивирующих соединений. Для данных измерений наиболее интересной в ИК-спектрах является область между 800 см⁻¹ и 600 см⁻¹, где отражены полосы поглощения парафинов - 721÷722 см⁻¹ и алкилбензолов - 698 ÷ 703 см⁻¹, которые значительно влияют на каталитическую активность катализаторов.

Анализ ИК – спектров дезактивирующих соединений регенерированных катализаторов при различных параметрах показывает, что с увеличением температуры интенсивность полос поглощения парафинов уменьшается, примерно, на 50 %, алкилбензолов - на 30 %, что говорит о количественном снижении дезактивирующих соединений.

Таким образом, удаление дезактивирующих соединений с поверхности катализаторов при помощи сверхкритического СО₂, подтверждает возможность использования сверхкритического флюидного экстракционного процесса в целях регенерации катализаторов. Большой эффект может быть достигнут увеличением массы используемого в процессе диоксида углерода и изменением параметров осуществления процесса, а также модифицированием экстрагента (прежде всего введением той или иной полярной добавки). Метод сверхкритической флюидной экстракции в процессе регенерации катализаторов не вызывает уменьшения массовой доли активных элементов (Ni, Co, Mo) вследствие уноса, которое, как правило имеет место в случае традиционного процесса регенерации катализаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологический регламент цеха 2107 ОАО «Нижнекамскнефтехим».
2. Пат. № 993440 Российская Федерация, МПК В01Д 23/28. «Установка для исследования растворимости веществ с использованием сверхкритических флюидов» / А.А. Сагдеев, Р.А. Каюмов, А.Т. Тухватова, Р.Ф. Галлямов, К.А. Сагдеев, Ф.М. Гумеров, Ф.Р. Габитов.; заявитель и патентообладатель ООО «Металлокрит». - №2010109098/04; заявл. 11.03.10; опублик. 20.11.10.
3. Сагдеев, К.А. / К.А. Сагдеев, Р.Ф. Галлямов, А.А. Сагдеев, Ф.М. Гумеров // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. - №1. – С.47.

ВЛИЯНИЕ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НА РАБОТУ ЭП

В связи с быстрым ростом применения устройств использующих в своей схеме тиристоры, которые часто генерируют в сеть гармоники, появилось достаточно большое количество возмущений в электросетях.

Эти возмущения приводят к систематическому недопроизводству, а то и сбоям производственного оборудования. Поэтому, необходимо использовать фильтры гармоник для предотвращения роста уровня нелинейных искажений в сети, поглощения (тепловыделения) гармоник, а также для рационального использования электроэнергии.

Гармоники тока, создаваемые нелинейными нагрузками, могут представлять собой серьезные проблемы для систем электропитания. Гармонические составляющие представляют собой токи с частотами, кратными основной частоте источника питания. Высшие гармоники тока, накладываемые на основную гармонику, приводят к искажению формы тока. В свою очередь искажения тока влияют на форму напряжения в системе электропитания, вызывая недопустимые воздействия на нагрузки системы.

Наиболее распространенным оборудованием, генерирующим высшие гармоники тока в сеть, являются:

- статические преобразователи (выпрямители, системы бесперебойного питания, тиристорные регуляторы, импульсные источники питания и т.д.);
- газоразрядные осветительные устройства и электронные балласты;
- электродуговые печи постоянного и переменного тока;
- сварочные аппараты;
- устройства с насыщающимися электромагнитными элементами;
- электродвигатели переменного тока с регулируемой скоростью вращения;
- специальные медицинские приборы и т.д.

Указанные устройства являются генераторами высших гармоник тока в системе электропитания. В зависимости от места своего подключения и процентного соотношения с линейными нагрузками в этой системе они тем или иным образом будут оказывать влияние на другие нагрузки.

Увеличение общего действующего значения тока при наличие высших гармонических в системе приводит к перегреву всего оборудования распределенной сети электропитания, снижению коэффициента мощности, снижению электрического и механического КПД нагрузок, ухудшению характеристик защитных автоматов и завышению требуемой мощности автономных электроэнергетических установок.

Высшие гармоники тока кратные трем (т.е. 3, 9, 15, 21 и т. д.), определяющие высокое значение коэффициента амплитуды и генерируемые однофазными нагрузками, имеют специфическое результирующее воздействие в трехфазных системах. В сбалансированной (симметричной) трехфазной системе гармонические (синусоидальные) токи во всех трех фазах сдвинуты на 120 градусов по отношению друг к другу, и в результате сумма токов в нейтральном проводнике равна нулю. Следовательно, не возникает и падения напряжения на проводнике нейтрали в кабеле.

Это утверждение остается справедливым для большинства гармоник. Однако некоторые из них имеют направление вращения вектора тока в ту же сторону, что и основная гармоника (первая, "фундаментальная", т.е. 50 Гц), то есть они имеют прямую последовательность. Другие же вращаются в обратном направлении и, таким образом, имеют обратную последовательность. Это не относится к гармоникам, кратным третьей.

В трехфазных цепях они сдвинуты на 360 градусов друг к другу, совпадают по фазе и образуют нулевую последовательность. Нечетные гармоники, кратные третьей, суммируются в проводнике нейтрали. В результате, с учетом того, что они составляют большую долю в действующем значении фазных токов, общий ток в нейтрали может превышать фазные токи.

Так, например, при фазных токах равных 37 А, ток нейтрали составляет 55 А при частоте, равной 150 Гц. Неправильно спроектированные четырехпроводные кабели трехфазных сетей могут перегреваться вплоть до воспламенения, подтверждая тем самым необходимость увеличения сечения проводников нейтрали трехфазных кабелей сети электропитания компьютерного оборудования.

Гармоники, кратные третьей, приводят к падениям напряжения как в нейтрали, так и в фазных проводниках, вызывая искажения формы напряжения на других нагрузках, подключенных к этой сети.

Высшие гармоники напряжения и тока оказывают влияние на элементы систем электроснабжения и линии связи.

Основными формами воздействия высших гармоник на системы электроснабжения являются:

-увеличение токов и напряжений высших гармоник вследствие параллельного и последовательного резонансов;

-снижение эффективности процессов генерации, передачи, использования электроэнергии;

-старение изоляции электрооборудования и сокращение вследствие этого срока его службы;

-ложная работа оборудования.

Гармоники напряжения и тока приводят к дополнительным потерям в обмотках статора, в цепях ротора, а также в стали статора и ротора. Потери в проводниках статора и ротора из-за вихревых токов и поверхностного эффекта при этом больше, чем определяемые омическим сопротивлением.

Токи утечки, вызываемые гармониками в торцевых зонах статора и ротора, приводят к дополнительным потерям.

В индукционном двигателе с ротором со скошенными пазами и пульсирующими магнитными потоками в статоре и роторе высшие гармоники вызывают дополнительные потери в стали. Величина этих потерь зависит от угла скоса пазов и характеристик магнитопровода.

Среднее распределение потерь от высших гармоник характеризуется следующими данными: обмотки статора 14 %; цепи ротора 41 %; торцевые зоны 19 %; асимметричные пульсации 26 %.

За исключением потерь на асимметричные пульсации их распределение в синхронных машинах приблизительно аналогично.

Следует отметить, что соседние нечетные гармоники в статоре синхронной машины вызывают в роторе гармонику одинаковой частоты. Например, 5- и 7-я гармоники в статоре вызывают в роторе гармоники тока 6-го порядка, вращающиеся в разные стороны. Для линейных систем средняя плотность потерь на поверхности ротора пропорциональна величине I , однако из-за разного направления вращения плотность потерь в некоторых точках пропорциональна величине $(I_5 + I_7)^2$.

Дополнительные потери - одно из самых отрицательных явлений, вызываемое гармониками во вращающихся машинах. Они приводят к повышению общей температуры машины и к местным перегревам, наиболее вероятным в роторе. Двигатели с ротором типа "беличья клетка" допускают более высокие потери и температуру, чем двигатели с фазным ротором. Некоторые руководства ограничивают допустимый уровень тока обратной последовательности в генераторе 10 %, а уровень напряжения обратной последовательности на вводах индукционных двигателей 2 %. Допустимость гармоник в этом случае определяют по тому, какие уровни напряжений и токов обратной последовательности они создают.

Моменты вращения, создаваемые гармониками. Гармоники тока в статоре вызывают соответствующие моменты вращения: гармоники, образующие прямую последовательность в направлении вращения ротора, а образующие обратную последовательность - в обратном направлении.

Токи гармоник в статоре машины вызывают движущую силу, приводящую к появлению на валу вращающих моментов в направлении вращения магнитного поля гармоники. Обычно они очень малы и к тому же частично компенсируются из-за противоположного направления. Несмотря на это, они могут привести к вибрации вала двигателя.

Влияние гармоник на статическое оборудование, линии электропередачи. Гармоники тока в линиях приводят к дополнительным потерям электроэнергии и напряжения.

В кабельных линиях гармоники напряжения увеличивают воздействие на диэлектрик пропорционально увеличению максимального значения амплитуды. Это, в свою очередь, увеличивает число повреждений кабеля и стоимость ремонтов.

В линиях сверхвысокого напряжения гармоники напряжения по той же причине могут вызывать увеличение потерь на корону.

Гармоники напряжения вызывают в трансформаторах увеличение потерь на гистерезис и потерь, связанных с вихревыми токами в стали, а так же потерь в обмотках. Сокращается также срок службы изоляции.

Увеличение потерь в обмотках наиболее важно в преобразовательном трансформаторе, так как наличие фильтра, присоединяемого обычно к стороне переменного тока, не снижает гармоники тока

в трансформаторе. Поэтому требуется устанавливать большую мощность трансформатора. Наблюдаются также локальные перегревы бака трансформатора.

Отрицательный аспект воздействия гармоник на мощные трансформаторы состоит в циркуляции утроенного тока нулевой последовательности в обмотках, соединенных в треугольник. Это может привести к их перегрузке.

Дополнительные потери в электрических конденсаторах приводят к их перегреву. В общем случае конденсаторы проектируются так, чтобы допускать определенную токовую перегрузку. Конденсаторы, выпускаемые в Великобритании, допускают перегрузку 15%, в Европе и Австралии – 30%, в США – 80%, в СНГ – 30%. При превышении этих величин, наблюдающихся в условиях повышенных напряжении высших гармоник на вводах конденсаторов, последние перегреваются и выходят из строя.

Гармоники могут нарушать работу устройств защиты или ухудшать их характеристики. Характер нарушения зависит от принципа работы устройства. Цифровые реле и алгоритмы, основанные на анализе выборки данных или точки пересечения нуля, особенно чувствительны к гармоникам.

Чаще всего изменения характеристик незначительны. Большинство типов реле нормально работает при коэффициенте искажения до 20%. Однако увеличение доли мощных преобразователей в сетях может в будущем изменить ситуацию.

Проблемы, возникающие из-за гармоник, различны для нормальных и аварийных режимов и ниже рассмотрены отдельно.

Измерительные устройства обычно калибруются при чисто синусоидальном напряжении и увеличивают погрешность при наличии высших гармоник. Величина и направление гармоник являются важными факторами, так как знак погрешности определяется направлением гармоник.

Погрешности измерения, вызываемые гармониками, сильно зависят от типа измерительной аппаратуры. Обычные индукционные счетчики, как правило, завышают показания на несколько процентов (по 6%) при наличии у потребителя источника искажения. Такие потребители оказываются автоматически наказанными за внесение искажений в сеть, поэтому в их собственных интересах установить соответствующие средства для подавления этих искажений.

Количественных данных о влиянии гармоник на точность измерения максимума нагрузки нет. Влияние гармоник на точность измерения максимума нагрузки предположительно такое же, как и на точность измерения энергии.

Точное измерение энергии независимо от формы кривых тока и напряжения обеспечивается электронными счетчиками, имеющими более высокую стоимость.

Гармоники оказывают воздействие и на точность измерения реактивной мощности, которая четко определена лишь для случая синусоидальных токов и напряжения, и на точность измерения коэффициента мощности.

Редко упоминается влияние гармоник на точность поверки и калибровки приборов в лабораториях, хотя эта сторона вопроса также важна.

Для подавления высших гармоник применяются следующие средства:

- линейных дросселей;
- пассивных фильтров;
- разделительных трансформаторов;
- магнитных синтезаторов;
- активных кондиционеров гармоник.

Таким образом, для исключения и ограничения влияния высших гармоник на системы электроснабжения требуется:

- знание условий эксплуатации и технические характеристики источников энергии, распределительной системы и автоматов защиты;
- точного знания характеристик нагрузок (гармонического состава токов, потребляемой мощности, места их подключения в системе электропитания);
- использование специальных измерительных приборов для экспериментального определения гармонического состава тока в различных участках распределительной системы электропитания;
- проведение анализа и моделирования изучаемой системы электропитания.

Комплекс этих мероприятий необходим для правильного проектирования системы электропитания и выбора требуемой спецификации оборудования, способной обеспечить электромагнитную совместимость (ЭМС), соответствующую современным международным стандартам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климов В.П., Москалев А.Д. Проблемы высших гармоник в современных системах электропитания // Практическая силовая электроника. Науч.-техн.сб./Под ред. Малышкова Г.М., Лукина А.В.- М.: АОЗТ "ММП-Ирбис", 2002. Вып 5. С.
2. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. 1979. — М.: Энергия, — 408 с, ил. — 3-е изд., перераб. и доп. Учебник для вузов.
3. Киреева Э.А. Цырука С.А. Справочник электрика
Москва: Колос, 2007. - 464 с.
4. А.А. Федоров - Справочник по электроснабжению и электрооборудованию
5. Лившиц Д. С. Нагрев проводников и защита предохранителями в электросетях до 1000 В, М. - Л., издательство "Энергия", 1959 г. 43 с. с черт. (Б-ка электромонтера. Вып. 6)

*Сырык Е.Н.,
Мышак В. Д.,
Грищенко В.К.,*

Институт химии высокомолекулярных соединений НАН Украины

ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫЕ СОПОЛИМЕРЫ ЭТИЛЕНА С ВИНИЛАЦЕТАТОМ И БЛОКСОПОЛИМЕРЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Возрастающие объемы потребления полимерных материалов способствуют образованию все большего числа полимерных отходов. Утилизация отходов путем сжигания и захоронения нерациональна и экологически неприемлема. Одним из путей решения этой проблемы является производство композиционных материалов на основе вторичного сырья. Но, в большинстве случаев, полимерные материалы образуют термодинамически несовместимые смеси, что обуславливает их невысокие механические свойства. Для решения проблемы совместимости составляющих в полимерных смесях в них вводят компатибилизаторы. Обычно в виде полимерных компатибилизаторов применяют сополимеры (статические, блок- или привитые сополимеры) или полимеры, содержащие функциональные групп, родственные одному или обоим полимерным компонентам смеси. Перспективными соединениями для получения блок-сополимеров является функционализированные термопласты, низкомолекулярные синтетические каучуки и функционализированные олигомеры растительного происхождения.

Цель работы – функционализация сополимеров этилена с винилацетатом (СЭВА) и получение блоксополимеров на основе функционализированного СЭВА и низкомолекулярного синтетического каучука.

В данной работе мы использовали сополимер этилена с винилацетатом марок Сэвилен 11306, эватан 28150 и эватан 4055 с содержанием ацетатных групп 13%, 28% и 40% соответственно. Функционализацию термопластов проводили реакцией аминоллиза. Реакцию проводили при различных температурах в растворе, расплаве и на поверхности термопласта. Наличие ОН групп определяли с помощью ИК-спектроскопии. С приведённых на рис. 1 спектров исходного (кривая 1) и функционализированного (кривая 3) сополимеров марки Эватан 28150 видно, что в результате аминоллиза происходит образование гидроксильных групп, о чём свидетельствует появление новой широкой полосы в области $3300-3500\text{см}^{-1}$ (кривая 3), которую относят к валентным колебаниям ОН группы, и небольшое снижение интенсивности полос 1736 см^{-1} и 1370 см^{-1} (кривая 3), которые отвечают за валентные колебания $\text{C}=\text{O}$ сложноэфирных групп $-\text{O}-\text{C}(\text{O})-\text{R}$ и деформационные колебания CH_3 - групп в $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{OR}$.

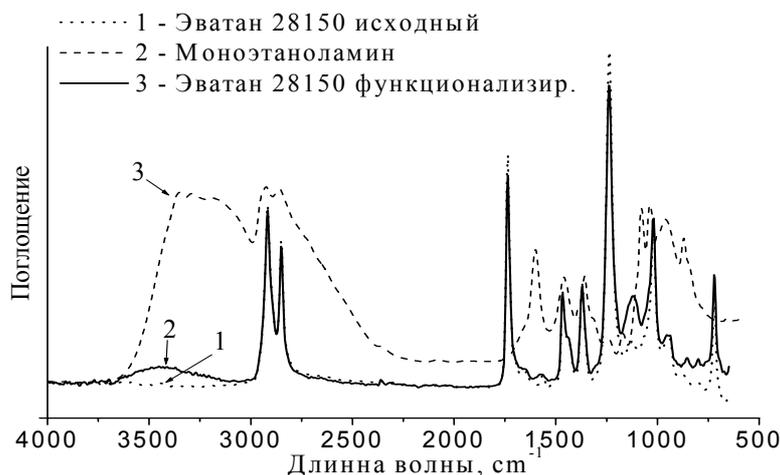


Рис.1. Спектры поглощения исходного Эватана 28150 (кривая 1), моноэтаноламина (крива 2) и Эватана 28150 после проведения аминолита (кривая 3).

Определение содержания гидроксильных групп в функционализированных образцах СЭВА, после завершения реакция аминолита на поверхности термопласта, проводили ацетилированием по стандартной методике. Результаты титрования приведены в таблице.

Таблица - Данные ацетилирования функционализированных сополимеров этилена с винилацетатом различных марок при функционализации на поверхности гранул при 50 °С.

Марка сополимера этилена с винилацетатом	Содержание ацетатных групп в исходном сополимере, мас. % (данные производителя)	Содержание ОН групп у функционализированном сополимере, мас. % (по результатам ацетилирования)
Сэвилен 11306	13	0,738
Эватан 28150	28	1,389
Эватан 4055	40	1,484

По гидроксильным группам функционализированного Эватана 4055 была проведена реакция уретанообразования с изоцианатными группами макродиизоцианата (МДИ, 1,15% NCO-групп) на основе жидкого каучука „Krasol 3000”. Прохождение реакции контролировали при помощи ИК-спектроскопии (рис. 2) по исчезновению характеристичной полосы колебаний 2270 см^{-1} (кривая 2) изоцианатной группы, и образованию полосы $3340\text{-}3350\text{ см}^{-1}$ (кривая 2) колебаний NH группы уретана.

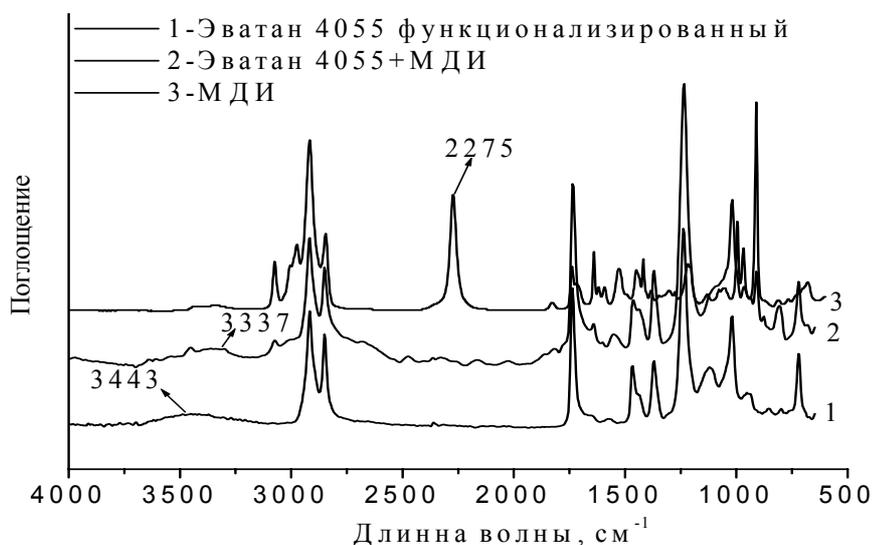


Рис.2. Спектры поглощения функционализированного Эватана 4055(кривая 1), Эватана 4055+МДИ (кривая 2), МДИ (кривая 3).

Полученные блоксополимеры будут использованы как компатибилизаторы композиционных материалов на основе вторичного сырья.

*Таймасов И.Р.,
Зайнутдинов И.И.,
Шайхутдинов Р.З.,
Петухов А.А.,*

*ФГБОУ ВПО «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»*

ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ ПЕРЕРАБОТКА АЦЕТОФЕНОН СОДЕРЖАЩЕЙ ФРАКЦИИ ВО ФРАКЦИЮ, СОДЕРЖАЩУЮ БЕНЗОЙНУЮ КИСЛОТУ

В процессе совместного получения оксида пропилена со стиролом гидропероксидным методом образуется значительное количество трудно утилизируемой углеводородной фракции, содержащей ацетофенон. Переработка этой фракции промышленным методом, с целью получения ценных продуктов практически не возможна, поэтому она направляется на утилизацию методом огневого обезвреживания отходов [1, 2].

С использованием методов хроматомасс-спектрологии нами проведено обследование этой фракции и показано, что она содержит ацетофенон (АЦФ), метилфенилкарбинол (МФК), этилбензол и тяжелые компоненты, в том числе и простые и сложные эфиры МФК.

Нами проведены исследования с целью выявления возможности переработки этой фракции методом каталитического жидкофазного окисления. Показано, что методом каталитического жидкофазного окисления эти соединения могут быть переработаны в бензойную и муравьиную кислоты, которые представляют значительную практическую ценность в качестве полупродуктов в органическом синтезе.

Лабораторные испытания по окислению АЦФ содержащей фракции проводились в стеклянном реакторе барботажного типа периодического действия в течение 3ч. Все фракции анализировали на хроматографический состав методом хроматографии на хроматографе «Кристалл 2000». Идентификацию компонентов оксидатов проводили с использованием хроматомасс-спектрометра фирмы Fisons. Дополнительно во всех фракциях проводили определение содержания органических кислот. Содержание кислот анализировали титрованием с использованием в качестве титранта спиртового раствора КОН с молярной концентрацией 0,05 моль/дм³. Дополнительно оксидаты были обследованы методом ИК-спектрометрии с использованием ИК Фурье-спектрометра «ИнфраЛЮМ ФТ-02». и выполнением количественного анализа путем приготовления стандартов отнесения полос поглощения и получением градуировочных графиков. При этом были подобраны оптимальные условия эксперимента: фиксированная толщина поглощающего слоя равная 0,06мм, разрешение 4 см⁻¹, 8 сканирований, функция аподизация средняя.

Нами выполнена сравнительная технико-экономическая оценка затрат на огневое обезвреживание АЦФ-содержащей фракции при мощности потока 500 кг/ч с экономической эффективностью переработки ее в бензойную кислоту и последующим использованием кислоты в качестве добавки к дорожному или строительному битуму. Выполненная проверка показала эффективность варианта получения кислот и позволила оценить значительность величины затрат на огневое обезвреживание отхода.

В результате выполнения выше приведенных исследований показана экономическая целесообразность и технологическая возможность переработки АЦФ содержащей фракции во фракцию, содержащую БК, с последующим использованием последней в качестве добавки к дорожному или строительному битуму для улучшения их технических характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шакиров Ф.Х. Дисс. канд. техн. наук, КХТИ, 1989.
2. Галиев Р.Г. и др. Получение бензойной кислоты окислением ацетофенона. / Р.Г.Галиев, Ф.Х.Шакиров, С.Б.Милько, А.А.Петухов, Н.Г.Дигуров, С.П.Беляев //Рос. Хим. Ж, 1998, т. XLII, наукоёмкие химические технологии, №6, с.34-37.

АНАЛИЗ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ КОМПЛЕКСА «СОЛНЕЧНЫЙ КОЛЛЕКТОР – ТЕПЛОВОЙ НАСОС» В МАЛОЭТАЖНЫХ ДОМАХ Г. НИЖНЕКАМСКА

Как известно, в наше время все содержащиеся в недрах земли, казалось бы, неисчерпаемые источники энергии постепенно заканчиваются. Как следствие повсеместно начинает вступать в силу энергосберегающая политика. Большинство стран, таких как Германия, Испания, Голландия, уже преуспевают в установке специального оборудования для использования нетрадиционных источников энергии. Используется солнечная энергия, энергия ветра, гейзеров, приливов и т.д. Однако наша страна, к сожалению, пока отстает в этом. Причин для этого достаточно много.

Расположение города Нижнекамска – средние широты нашей страны, поэтому мы обделены морями, океанами, гейзерами, достаточно сильными ветрами и достаточно долгим солнечным сезоном. Однако анализ рентабельности использования хоть одного из этих ресурсов в нашем городе позволит понять и наметить путь дальнейших исследований в этой области в целях обеспечения энергосбережения страны.

В данной работе мы бы хотели рассмотреть достаточно актуальный вопрос – рентабельно ли устанавливать комплекс «солнечный коллектор – тепловой насос» в городе Нижнекамске.

Мы рассмотрим это на примере строящегося в данный момент микрорайона №46 (северо-западная часть города). Застроен он будет малоэтажными домами – предположительно 215 коттеджей, площадь каждого из которых – от 72 до 206 кв. м.

Актуальность темы состоит, безусловно, в экономии энергоресурсов страны и, как следствие, в использовании такого энергосберегающего оборудования как тепловой насос, а также пригодных для его работы возобновляемых и нетрадиционных источников энергии, а именно - солнечной энергии.

Тепловой насос – это машина, поглощающая низкопотенциальную теплоту из окружающей среды с температурой 4-6°С и выше и передает ее в систему теплоснабжения в виде нагретой воды или воздуха. Передача тепла производится рабочим телом – хладагентом (фреоном) [2]. Электроэнергия, потребляемая тепловым насосом, тратится лишь на перемещение фреона по системе с помощью компрессора точно так же, как в холодильных машинах. Система работает как котел при отоплении и как кондиционер при охлаждении.

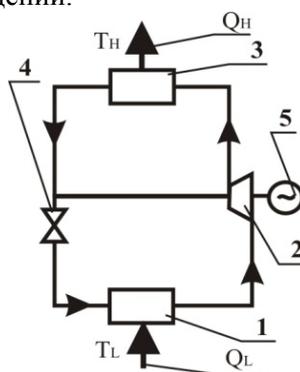


Рис.1. Принципиальная схема теплового насоса.

1 - испаритель; 2 - компрессор; 3 - конденсатор; 4 – регулирующий вентиль; 5 - электропривод.

Солнечный коллектор — устройство для сбора тепловой энергии Солнца, переносимой видимым светом и ближним инфракрасным излучением. В отличие от солнечных батарей, производящих непосредственно электричество, солнечный коллектор производит нагрев материала-теплоносителя. Солнечные коллекторы применяются для отопления промышленных и бытовых помещений, для горячего водоснабжения производственных процессов и бытовых нужд.

Все источники тепла для тепловых насосов в той или иной мере подвержены влиянию солнечной энергии, но её можно использовать и непосредственно с помощью солнечных коллекторов с циркуляцией теплоносителя, подогрева воздуха, входящего в испаритель с помощью солнечных концентраторов [3]. Вообще солнечные коллекторы интенсивно изучаются для применения не только с тепловыми насосами, но и самостоятельно, а также в схемах с аккумуляторами тепла. Последние представляют интерес и для тепловых насосов как источник тепла в облачные дни или ночью.

Главное преимущество комбинированной установки «тепловой насос – солнечный коллектор» перед традиционными источниками – экономия органического топлива. Кроме этого, необходимо выделить и ряд социально-экономических последствий внедрения теплонасосных установок и систем солнечного энергоснабжения: возобновляемость; сохранение окружающей среды благодаря снижению масштабов добычи, транспортировки и сжигания органического топлива; снижение масштабов развития новых мощностей по добыче и транспорту топлива; уменьшение тяжелого труда по добычи и транспорту топлива; необходимость дополнительных затрат на оборудование для нетрадиционных источников [4].

Объектом, исследуемым в данной работе является одноквартирный пятикомнатный мансардный жилой дом. План дома приведен на рис.2.

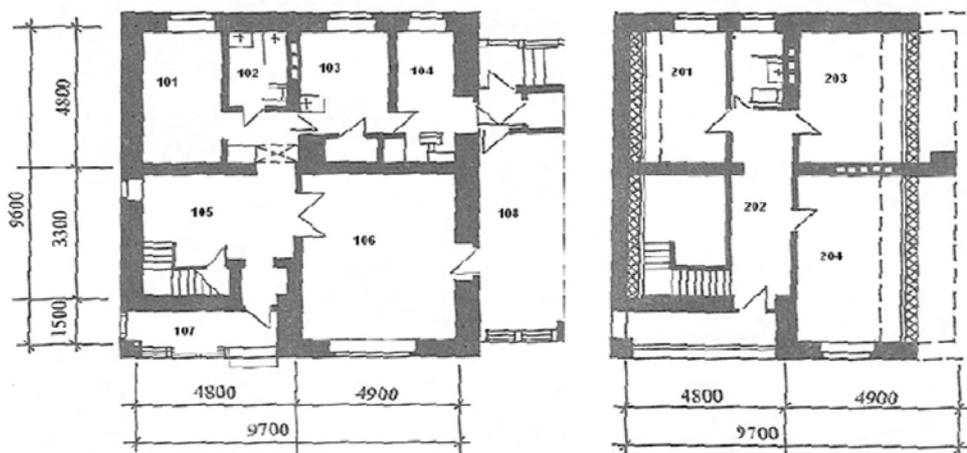


Рис.2. План дома.

Исходя из имеющихся справочных данных о солнечной радиации в г. Нижнекамске по месяцам, определим тепловой поток, падающий на коллектор:

$$Q_{пад} = \int E t dt = \frac{EF}{n}$$

где E - солнечная радиация по месяцам, кВт ч/м²; F - поглощающий слой (2 м²); n – число дней в месяце; t – продолжительность солнечного сияния в сутки, ч.

Среднегодовая продолжительность солнечного сияния для г. Нижнекамска составляет 2300 часов (в среднем 6,3 часа в сутки).

Таблица 1 - Солнечная радиация по месяцам для г. Нижнекамск.

Месяц	Средняя месячная температура наружного воздуха, °С	Солнечная радиация по месяцам, E кВт ч/м ²	$Q_{пад}$, кВт
январь	5,9	78	0,80
февраль	6,1	90	0,92
март	8,2	118	1,21
апрель	11,7	135	1,38
май	16,1	164	1,68
июнь	19,9	183	1,87
июль	22,8	189	1,94
август	23,1	183	1,87
сентябрь	19,9	162	1,66
октябрь	15,7	140	1,43
ноябрь	11,7	99	1,01
декабрь	8,2	68	0,70
Средн.	14,1	134,08	1,37

Задаемся следующими величинами: температура воды на входе в коллектор $t_1' = 15^\circ\text{C}$; расход воды $G = 0,02 \text{ кг/с}$; площадь коллектора $F = 2\text{ м}^2$; коэффициент тепловых потерь $k = 0,08 \text{ кВт/м}^2\text{C}$; теплоемкость воды $C_p = 4,19 \text{ кДж/ м}^2\text{C}$. Тогда:

$$Q_{\text{потерь}} = kF(\bar{t} - t_{oc}), \text{ где } \bar{t} = (t_1' + t_1'')/2;$$

$$Q_{\text{наг}} = Gc_p(t_1'' - t_1').$$

Для средней температуры отопительного периода $t_n = 6^\circ\text{C} - t_1'' = 28,39^\circ\text{C}$. Тогда температуры испарения и конденсации соответственно равны:

$$t_u = \bar{t} - 3 = \frac{15 + 28,39}{2} - 3 = 19^\circ\text{C}; t_k = t_{\text{вл}} + 3 = 50^\circ\text{C}.$$

Таблица 2 - Параметры рабочего агента в характерных точках системы.

Точка	t, °C	p, МПа	h, кДж/кг
1	19	0,839	423,389
2	67	1,96	443,817
3	50	1,96	273,066
4	19	0,839	273,066

$$h_2 = h_1 + \frac{l_g}{\eta_i} = h_1 + \frac{h_2 - h_1}{\eta_i} = 423,387 + \frac{443,817 - 423,389}{0,9} = 448,924 \text{ кДж/кг};$$

$$q_{\text{к}} = h_1 - h_4 = 423,389 - 273,066 = 150,32 \text{ кДж/кг};$$

$$q_k - h_2 - h_3 = 448,92 - 273,066 - 175,86 \text{ кДж/кг}.$$

Массовый расход рабочего агента при производительности установки 20200 Вт:

$$G = \frac{Q}{q_k} = \frac{20200}{175,86 \cdot 10^3} = 0,11 \text{ кг/с};$$

$$l_{\text{кв}} = \frac{l_g}{\eta_{\text{зм}}} = \frac{25,54}{0,9} = 28,37 \text{ кДж/кг};$$

$$\mu = \frac{q_k}{l_{\text{кв}}} = \frac{175,86}{28,37} = 6,20.$$

Рассчитаем экономию топлива:

$$Q = 20200 \text{ Вт} = 72720 \text{ кДж/ч}; N_s^c = \frac{Q}{\mu} = \frac{20,200}{6,20} = 3,26 \text{ кВт};$$

$$B_T = N_s^c \cdot b^p = 3,26 \cdot 0,350 = 1,141 \text{ кг у.т./час};$$

$$B_k = \frac{Q}{Q_s^c \eta_k} = \frac{72720}{22300 \cdot 0,9} = 3,623 \text{ кг у.т./час};$$

$$\Delta B = B_k - B_T = 3,623 - 1,141 = 2,483 \text{ кг у.т./час}.$$

Годовая экономия топлива за отопительный период составит, таким образом, 4,29 т.у.т. (при продолжительности отопительного периода 72 сутки).

Таким образом, получение финансовой выгоды, при сложившейся ситуации цен в России на электроэнергию и топливо, а также с учетом значительных капитальных и эксплуатационных затрат на ТН, вряд ли возможно из-за значительного срока окупаемости.

В целях анализа рентабельности установки системы оборудования «Солнечный коллектор – тепловой насос» нами были исследованы оба этих агрегата и их совместимость.

В ходе исследования мы выяснили, что использование теплового насоса является одним из перспективных направлений энергосбережения. Он также позволяет использовать отходящую теплоту установок и возобновляемые энергоресурсы, что также немало важно в сложившейся в мире ситуации и в современной политике энергосбережения.

Использование так называемых солнечных батарей, или в нашем случае солнечных коллекторов, также является перспективным проектом на будущее. Мы считаем, что дальнейшие разработки в этой области позволят уменьшить стоимость этих агрегатов, а также решить проблемы с утилизацией вредных материалов, используемых для их производства, а также удешевить саму энергию, т.е. поднять экономическую эффективность солнечных коллекторов.

В данной работе мы произвели расчет экономической эффективности комплекса «солнечный коллектор – тепловой насос» для малоэтажных коттеджей города Нижнекамска и пришли к выводу,

что установка данного комплекса в сложившейся ситуации цен в России на электроэнергию и топливо, а также с учетом значительных капитальных и эксплуатационных затрат на ТН, экономически нецелесообразна из-за значительного срока окупаемости.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Рэй Д., Макмайл Д. Тепловые насосы. - М.: Энергоатомиздат, 1982. -224с.
2. Мартынов А.В. Установки для трансформации тепла и охлаждения. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 200 с.
3. Борисов Б.Г., Борисов К.Б. Отопление промышленных предприятий. - М.: Изд-во МЭИ, 1997. - 68 с.
4. Авезов Р.Р., Барский-Зорин М.А., Васильев И.М. и др. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения.//Под ред. Сарнацкого Э.В., Чистовича С.А., 1990. - 328с.

Хафизов И.И.,

*ФГАОУ ВПО «Казанский(Приволжский) федеральный университет»,
Институт управления и территориального управления*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПРОЦЕСС РАЗДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Заготовительные операции по разделению всех видов материалов включают ручное и машинное разрезание на оборудовании различного назначения. Для этого используются как традиционные способы (прессы, металлорежущее оборудование с металлическим и абразивным инструментом и др.) так и новые виды обработки (лазерная резка, электроэрозионное разделение, ультразвуковые процессы). В машиностроении имеется достоверная информация об освоенных методах, их предельных возможностях и недостатках. С увеличением доли затрат на материалы возникла проблема изыскания новых видов разделения материалов, особенно это коснулось дефицитных и дорогих сплавов типа драгоценных металлов, вольфрама, магнитных сплавов, хрупких полупроводников, где выход годных деталей после обработки становился менее половины исходной массы, а дефекты, вносимые в поверхностный слой при разрезке, сохранялись в изделии и снижали его характеристики.

В качестве базы для сравнения выбрана разрезка армированным диском, позволяющая разделять хрупкие и дефицитные материалы. Однако ширина паза (а, следовательно, и потери материалов) превышает 1-2 мм, что для изделий из вольфрама и магнитных сплавов может превышать 50%.

Наиболее экономичным способом разделения токопроводящих материалов является разрезка проволочным электродом, где ширина паза обычно составляет 0,3-0,4 мм. Однако, такой процесс не обеспечивает параллельность стенок паза из-за износа электрода проволоки. Обработка трудоемка, существующие станки не позволяют вести разрезание по многоинструментальной схеме, в кассетах. Производительность метода не обеспечивает требований серийного производства (скорость разделения до 2-3 мм/мин), необходима последующая обработка торцов деталей с припуском 0,2-0,3 мм на сторону. В результате возникает брак деталей из-за нарушения кромок, термических напряжений(сколы, заваливание и др.), что крайне нежелательно при изготовлении деталей из дефицитных материалов[1].

Электроабразивная разрезка токопроводящих материалов позволяет снизить расход материала и может успешно использоваться при разделении мелких заготовок, обеспечивая получение деталей с погрешностью не более 0,05 мм. Однако, с увеличением диаметра (толщины) заготовок погрешность начинает возрастать за счет бокового анодного растворения пазов. Возникает клиновидность (конус) паза, размеры которого могут изменяться на величину, соизмеримую с толщиной дискового инструмента. Требуется последующая обработка, что увеличивает потери материала и качество изделий.

Анализ известных процессов и оборудования показывает, что можно достичь высокой точности деталей при разделении за счет установления закономерностей процесса при переменных условиях обработки, созданием автоматизированных систем управления процессом с адаптацией параметров, в частности подачи инструмента – диска, управления его состоянием при разрезке, контролем и корректировкой положения режущей части в пазе.

Вторым эффективным направлением исследований по снижению потерь дефицитных материалов является использование оснастки с удержанием деталей до окончания калибровки боковых поверхностей паза.

Совмещение различных воздействий на объект обработки позволяет спроектировать комбинированные методы, в частности электроабразивный (электроалмазный). Эти методы применяются для резки при получении заготовок с последующей обработкой, которая в ряде случаев (изготовление деталей приборов, радиотехники, средств управления) нежелательна, т.к. приводит к неоправданным потерям материала, вторичным погрешностям и дефектам, резко повышает стоимость изделий. Установление однозначных связей между свойствами обрабатываемых материалов, сочетанием воздействий комбинированного процесса позволяет создать современное автоматизированное оборудование с управлением механической, химической, эрозионной составляющей в едином процессе, обеспечивающим получение после разделения материалов готовых деталей с погрешностью не выше 30 мкм и с шероховатостью не выше 0,32 мкм. При этом устраняются негативные воздействия на окружающую среду и до 2 раз ускоряется цикл изготовления деталей.

Анодно-абразивный метод используется как для черновых, так и для чистовых операций. При черновой обработке режимы выбирают, исходя из условия получения максимальной производительности. Для чистовых операций необходимо обеспечить высокую точность и хорошее качество обрабатываемой поверхности[2].

При использовании абразивонесущего инструмента точность обработки значительно выше, чем при электроконтактном или электрохимическом шлифовании, но ниже, чем при обработке абразивным или алмазным инструментом. Обычно погрешность после электроабразивного шлифования находится в пределах 0,02...0,05 мм, а после электроалмазного - 0,01...0,02 мм. Для сравнения можно указать, что погрешность алмазного шлифования обычно составляет 0,001...0,005 мм. Снижение точности при наложении тока объясняется повышенным съемом металла на кромках и удалением его с поверхности, которая обработана абразивом начисто. А бесконтактный процесс анодного растворения зависит от многих параметров, которые изменяются во времени, поэтому съем металла на участках заготовки будет различным. Для повышения точности обработки перед последними ходами инструмента ток выключают и осуществляют выхаживание. Если используется электронейтральный абразивный инструмент, то в конце шлифования обработку также ведут без тока. Это позволяет обеспечить точность, как при применении абразивных или алмазных кругов.

В схемах шлифования со свободным абразивом сложно обеспечить его постоянную концентрацию в промежутке между заготовкой и инструментом. Поэтому не удается достичь стабильного съема припуска. Погрешность обработки по схеме обычно составляет 0,02...0,05 мм.

При анодно-абразивном полировании и хонинговании погрешности не превышают значений, получаемых при использовании традиционных методов.

В случае обработки удаленных участков заготовки в электролитах с наполнителем погрешности формы и размеров не регламентируются.

Применяемые методы разделения металлов позволяют, в основном, выполнять заготовительные операции, где не требуется высокая точность и качество поверхностного слоя, которые обеспечиваются на последующих этапах обработки, требующих значительных припусков на процесс, имеющих высокую трудоемкость и удельную энергоемкость.

2. Электроэрозионная обработка непрофилированным электродом обеспечивает точность процесса, но требует последующих операций для достижения заданной чистоты. Кроме того она на порядок более трудоемкая по сравнению с резкой вулканитом, что делает ее не эффективной для серийного производства.

3. Разделение армированным диском повышает на порядок и выше потери материала и не обеспечивает стабильных показателей по точности реза, что вызывает необходимость в чистовых операциях.

4. Известные конструкции дискового инструмента для разделения дают большую ширину паза или не обеспечивают требуемой точности процесса, качества поверхностного слоя.

5. Имеющееся оборудование для разделения материалов не оснащено требуемыми средствами автоматизации процесса, в том числе элементами адаптивного управления с корректировкой режимов по заданным закономерностям.

Использование подобных процессов ускоряет создание новых конкурентоспособных изделий, расширяет технологические возможности производства, способствует снижению дефицита и затрат на материалы. Это актуально для современного машиностроения и отвечает мировым требованиям к новой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хафизов И.И. Малоотходное чистовое разделение дефицитных материалов комбинированным методом. Автореферат канд. дисс. Изд-во ГОУ ВПО ВГТУ, 2007. – 18 с.
2. Де Барр А.Е., Оливер Д.А. Электрохимическая обработка М.: Машиностроение. 1973. – 183 с.