

Публичное акционерное общество «Газпром»  
Общество с ограниченной ответственностью  
«Газпром ВНИИГАЗ»

III Международная конференция

## **ГАЗОХИМИЯ-2016**

29–30 ноября 2016 г.

**Тезисы докладов**

Москва  
2016

**Газохимия-2016:** тезисы докладов III Международной конференции (29–30 ноября 2016 г.). – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2016. – 36 с.

Настоящий сборник составлен по материалам III Международной конференции «Газохимия-2016», проходившей в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» 29–30 ноября 2016 г.

Структура сборника соответствует Программе конференции и включает следующие разделы: пленарное заседание, секционные заседания (секции А, В, С, D), стендовые доклады.

## ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

### Решение задачи импортозамещения путем увеличения глубины переработки углеводородного сырья производства предприятий Группы Газпром

*Н.Н. Геско*  
(АО «Газпром газэнергосеть»)

На газоперерабатывающих заводах ПАО «Газпром» образуется сырье для потенциального производства различных сернистых соединений, которые имеют перспективную нишу для реализации как на внутреннем, так и внешнем рынках. Примером таких соединений являются диметилдисульфид (ДМДС), смесь диалкилдисульфидов (ДАДС) и метионин.

В настоящее время АО «Газпром газэнергосеть» выполняет предпроектную разработку реализации проекта строительства установки У-903 на Оренбургском ГПЗ по производству ДМДС и ДАДС. Также прорабатываются различные варианты производства метионина на предприятиях Группы Газпром.

Реализация проекта по строительству установки получения ДМДС и ДАДС позволит решить следующие задачи:

- увеличить глубину переработки углеводородов;
- повысить качество газового конденсата ООО «Газпром добыча Оренбург» за счет утилизации ДМДС;
- произвести новый продукт: смесь ДАДС;
- решить вопрос импортозамещения ДМДС, используемого рядом российских нефтеперерабатывающих заводов.

Строительство установки по производству метионина позволит:

- увеличить глубину переработки углеводородов;
- решить вопрос импортозамещения метионина;
- вывести предприятия Группы Газпром на новые рынки стран СНГ, Восточной и Западной Европы.

## Каталитические материалы и технологии для переработки газового сырья: проблемы и перспективы

А.Г. Дедов

(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)

Квалифицированная переработка газового сырья (природного и попутного нефтяного газа, биогаза) – комплексная проблема, требующая участия разных специалистов: химиков, материаловедов, технологов, экономистов, экологов и др. В настоящее время более 95 % газа сжигается. Перерабатывая природный газ (ПГ) в ценные химические продукты, решается целый ряд глобальных проблем: ресурсосбережение, снижение техногенной нагрузки на окружающую среду, расширение сырьевых баз нефтехимии и основного органического синтеза и др. РФ обладает большими газовыми ресурсами, и проблема их химической переработки для страны особенно актуальна по многим причинам: политическим, логистическим, технико-экономическим, экологическим и др.

Основной компонент газового сырья – метан. Каталитическая переработка метана – наиболее эффективный путь, соответствующий принципам «зеленой» химии. В докладе рассматриваются перспективы создания высокоэффективных каталитических материалов для переработки метана и некоторых его гомологов в этилен, синтез-газ и другие ключевые многотоннажные полупродукты химической индустрии, а также соответствующих технологий и опыт поиска путей их реализации.

Представлены результаты коллектива авторов из РГУНиГ, РАН, МГУ, ВИАМ и других по созданию материалов для решения указанных проблем.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №13-03-12214) и Минобрнауки России в рамках выполнения базовой части государственного задания «Организация проведения научных исследований», анкета № 1422.*

# **СЕКЦИЯ «А» ПОДГОТОВКА ГАЗОХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ И ПЕРЕРАБОТКА ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА**

**Опыт проектирования комплекса переработки попутного нефтяного газа месторождений Северного Каспия на базе ООО «Ставролен» с применением российских технологий**

*А.Н. Чернышов  
(ООО «ЛУКОЙЛ-Нижегородниинепфтепроект»)*

В докладе освещаются результаты проектирования технологического объекта (установки ГПУ-1 мощностью 2,2 млрд  $\text{м}^3/\text{год}$  по сырью), отвечающего современным требованиям к надежности и безопасности, обладающего высокой степенью автоматизации и удобством эксплуатации.

Уровень степени утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) составил 95 %. Установка ГПУ-1 позволяет получать из ПНГ такие продукты, как сухой газ ( $\text{C}_1$ ,  $\text{C}_2$ ), широкую фракцию легких углеводородов ( $\text{C}_{3+}$ ), этановую фракцию (опция).

Выбранная технология переработки ПНГ связывает:

- высокое давление транспортируемого газа (больше 10,0 МПа);
- низкотемпературный режим разделения (ниже  $-100\text{ }^\circ\text{C}$ );
- непрерывность процесса переработки ПНГ Северного Каспия за счет работы по байпасной схеме во время плановых ремонтов.

Строительство данной установки позволило осуществить замещение привозного прямогонного бензина и сжиженного углеводородного газа, поступающих на ООО «Ставролен» в железнодорожных цистернах транзитом через г. Буденновск, на широкую фракцию легких углеводородов собственного производства.

## **Технические решения по очистке широкой фракции легких углеводородов от метанола**

*А.Ф. Зайнуллин, А.В. Стуков, А.Р. Сафин  
(ООО «Газпром переработка»)*

Основными видами деятельности Общества являются подготовка, переработка и магистральный транспорт углеводородного сырья.

Одним из стратегически важных продуктов, выпускаемых на Сургутском заводе по стабилизации конденсата им. В.С. Черномырдина – филиале ООО «Газпром переработка» (далее – Сургутский ЗСК), является широкая фракция легких углеводородов (ШФЛУ), часть которой перерабатывается на Сургутском ЗСК с получением высоколиквидных товарных продуктов/полупродуктов, а другая часть поставляется в ПАО «СИБУР Холдинг» трубопроводным способом для дальнейшей ее переработки.

С 01.06.2017 г. вступают в действие ТУ 38.101524-2015 «Фракция широкая легких углеводородов», нормирующие содержание метанола (не более 0,15 % масс.).

Учитывая, что сегодня в составе ШФЛУ Сургутского ЗСК содержание метанола по различным причинам превышает нормированную величину, введение вышеуказанного показателя может привести к проблемам, связанным с ее реализацией на рынке нефтепродуктов.

В докладе содержится анализ основных причин повышенного содержания метанола в составе ШФЛУ Сургутского ЗСК, на основании которого рассмотрены различные организационно-технические мероприятия по достижению соответствующего качества ШФЛУ. Приведен подробный расчет инвестиционной привлекательности.

## **Утилизация попутного нефтяного газа путем переработки на мощностях Сосногорского ГПЗ ООО «Газпром переработка»**

*Ю.С. Кочурин*  
(ООО «Газпром переработка» –  
Сосногорский газоперерабатывающий завод)

По состоянию на 2011 г. сырьевая база Сосногорского ГПЗ формировалась за счет объемов добычи газа месторождений Вуктыльского геолого-экономического региона: Югидского, Западно-Соплесского и Вуктыльского. Вуктыльское НГКМ, являясь доминирующим месторождением, находится в завершающей стадии разработки, которая сопровождается рядом проблем, осложняющих эксплуатацию промысловых объектов.

С целью поддержания сырьевой базы завода в феврале 2012 г. было принято решение о целесообразности реализации проекта утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) северной группы месторождений ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» на переработку совместно с природным газом, добываемым ООО «Газпром переработка», на Сосногорский ГПЗ.

В рамках проекта были реализованы следующие мероприятия:

1. Разработана, согласована и реализована организационно-коммерческая схема поставки, транспортировки, подготовки и переработки ПНГ ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» с разграничением зон ответственности за действовавших в проекте организаций.

2. Осуществлено проектирование и строительство необходимых газопроводов и замерных узлов.

3. Произведен перевод газоснабжения ГРС-2 «Печора» от МГ Бованенково – Ухта, пос. Озерный и Кожва от межпоселкового газопровода от ГРС-2 «Печора».

4. Организован «реверс» подачи газа по МГ Вуктыл – Печора, что позволило дополнительно подать газ Печорокожвинского НГКМ на Сосногорский ГПЗ.

5. Подписан договор оказания услуг по переработке ПНГ ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» на Сосногорский ГПЗ между ООО «Газ-Ойл трейдинг» и ООО «Газпром переработка».

Прием газа ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» на Сосногорский ГПЗ ведется с IV квартала 2015 г. В настоящее время переработка ПНГ осуществляется по давальческой схеме – собственником сырья и продукции является ООО «Газ-Ойл трейдинг» (совместное предприятие ПАО «Лукойл» и ООО «Газпром межрегионгаз»). При этом производится поставка не только ПНГ ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», но и независимых недропользователей, не имеющих возможности обеспечивать утилизацию ПНГ самостоятельно.

## **Применение метилдиэтанолamina на установках очистки газов: замена аминов на МДЭА; эксплуатация установок; перспективы использования на вновь создаваемых установках**

*И.А. Лаврентьев*  
(ЗАО «Химтэк Инжиниринг»)

ЗАО «Химтэк Инжиниринг» является разработчиком отечественной технологии производства метилдиэтанолamina (МДЭА) – абсорбента для аминной очистки газов и смешанных сорбентов на его основе (МДЭАмс).

Осуществляя техническое сопровождение продаж МДЭА, компанией накоплен опыт по замене традиционных аминов на современные. На МДЭА переведены установки в газовой, нефтеперерабатывающей и азотной промышленности.

В связи с запретом на сжигание попутного нефтяного газа (ПНГ) стала актуальной проблема его очистки. Благодаря смешанным абсорбентам на основе МДЭА данная задача успешно решена на установке ПАО «Оренбургнефть» в г. Бузулуке.

Одним из бурно развивающихся направлений по применению МДЭА является очистка природного газа от  $\text{CO}_2$  с целью сжижения. Применение смешанного абсорбента МДЭАмс гарантирует решение задачи снижения содержания углекислоты до 50 ppm и позволяет получить абсорбционный раствор с высокими эксплуатационными свойствами. ЗАО «Химтэк Инжиниринг» участвует в реализации трех проектов, различающихся масштабом и мощностью по газу: от 14 до 310 тыс.  $\text{nm}^3/\text{ч}$ . Один из них, в г. Пскове, построен и находится в стадии пуска.

Сотрудничество с ведущими компаниями (ООО «Газпром ВНИИГАЗ», BASF, Prosernat) помогает компании развиваться и предлагать промышленности абсорбенты на основе МДЭА с новыми потребительскими свойствами. Применение различных добавок позволяет варьировать селективность абсорбентов по сероводороду, улучшать термическую стабильность.

Применение МДЭА в нефтехимии, в частности при очистке газов пиролиза и ШФЛУ, – перспективное направление, так как позволит снизить отходы щелочной очистки.



## Современные адсорбенты для комплексной подготовки газа к транспорту

*Д.А. Медведев, А.Е. Рубанов*  
(ООО «Салаватский катализаторный завод»)

Применение новых, более эффективных адсорбентов для комплексной подготовки газа к транспорту позволяет существенно улучшить качество товарной продукции, снизить токсичные выбросы в атмосферу без значительных капиталовложений. Поэтому на протяжении длительного времени одним из важнейших направлений деятельности ООО «Салаватский катализаторный завод» является как усовершенствование производства уже имеющихся адсорбентов, так и разработка технологических решений с использованием новых материалов, не имеющих аналогов в России и за рубежом.

Специально для подготовки природного газа к транспорту ООО «СкатЗ» выпускает линейку цеолитсодержащих композитных материалов марки GP-SORB. Результаты испытаний в лабораторных и пилотных условиях на реальном газе показали, что в отличие от аналогов данные сорбенты обладают более высокой поглотительной способностью по удаляемым компонентам ( $H_2O$ , метанол, кислые газы), сниженной скоростью дезактивации, высокой механической прочностью (более  $2 \text{ кг/см}^2$ ), высокой скоростью и селективностью поглощения сорбируемых веществ. Предлагаются адсорбционные решения, уникальные для каждой установки газоподготовки, поскольку требования и параметры эксплуатации всегда различаются.

В настоящее время стало актуальным удаление таких примесей из природного газа, как ртуть. С этой целью Салаватским катализаторным заводом выпускается нерегенерируемый сорбент GP-SORB Hg, обладающий высокой емкостью и длительным сроком службы.

Одним из ключевых достижений завода за последние годы является освоение производства, выпуск и успешное проведение ОПИ микропористого силикагеля марки АСМ.

Анализ данных опытно-промышленных испытаний на компрессорных станциях «Краснодарская» и «Портовая» показал, что силикагель АСМ обеспечивает показатели подготовки газа, соответствующие регламентным требованиям для транспорта по подводной части газопровода, и не уступает по качеству импортным аналогам.

## **Разделители несмешивающихся жидкостей (фазные разделители) – новое поколение аппаратов**

*А.В. Букин, В.И. Гибкин  
(АО «ЦКБН»)*

Во многих отраслях промышленности на определенных стадиях технологических процессов переработки жидкостных смесей присутствуют, по крайней мере, две несмешивающиеся взаимнодиспергированные жидкости. Для разделения таких жидкостей существует специальное оборудование – разделители несмешивающихся жидкостей (фазные разделители).

Настоящий доклад посвящен последней разработке АО «ЦКБН», направленной на создание нового поколения разделителей несмешивающихся жидкостей.

Характерные особенности разработки:

- последовательное совершенствование всех узлов разделителя несмешивающихся жидкостей, начиная от узла входа исходной смеси и заканчивая узлами отвода разделенных фаз из аппарата;
- максимальное свободное сечение узла коагуляции для оптимальной коагуляции исходных разделяемых жидкостей (фаз);
- применение в рассматриваемом узле блоков коагуляции, изготовленных из современных полимерных материалов, обеспечивающих эффективную коагуляцию мелкодисперсных капель.

Реализация указанных решений позволила сократить массогабаритные параметры аппарата в пять раз при остаточном содержании тяжелой фазы  $150 \text{ г/м}^3$ .

## **СЕКЦИЯ «В» ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГАЗОХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

### **Текущее положение и перспективы развития переработки природного газа в условиях промышленной площадки ООО «Газпром нефтехим Салават»**

*Р.Ф. Муртазин  
(ООО «Газпром нефтехим Салават»)*

ООО «Газпром нефтехим Салават» осуществляет полный цикл переработки углеводородного сырья, поставляемого ПАО «Газпром», и производит более 85 наименований продукции, отгружаемой во все федеральные округа России и в более чем 30 стран ближнего и дальнего зарубежья.

Природный газ на промышленной площадке используется не только в качестве топлива (порядка 350 млн  $\text{нм}^3/\text{год}$ ), но и проходит передел в продукцию: порядка 400 млн  $\text{нм}^3/\text{год}$  – в аммиак с последующим получением минеральных удобрений (карбамид, аммиачная селитра); порядка 110 млн  $\text{нм}^3/\text{год}$  – в водород для потребностей НПЗ и синтез-газ для оксосинтеза бутиловых спиртов.

Ожидаемое отсутствие рынка сбыта и снижение цен на продукцию оксосинтеза (бутиловые спирты) было учтено в инвестиционной программе компании: строительство комплекса акриловой кислоты позволит сохранить объемы выпуска бутиловых спиртов с последующим переделом их в бутилакрилаты. Пуск комплекса запланирован на IV квартал 2016 г.

Перспективные проекты, направленные на увеличение объемов передела природного газа: строительство установки по производству водорода на НПЗ (72,5 млн  $\text{нм}^3/\text{год}$ ), а также мощной и высокоэнергоэффективной парогазовой установки мощностью 410 МВт (электрической энергии) и 207 Гкал/ч (тепловой энергии), которая увеличит объемы передела природного газа на 570 млн  $\text{нм}^3/\text{год}$ . Общий объем передела природного газа в более высокодоходную продукцию на площадке ООО «Газпром нефтехим Салават» в перспективе будет увеличен с 800 до 1500 млн  $\text{нм}^3/\text{год}$ .

## **Реализация проекта производства акриловой кислоты и ее производных**

*В.С. Серединин  
(ООО «Акрил Салават»,  
Группа компаний ООО «Газпром нефтехим Салават»)*

Существующие производства ЭП-300 и бутиловых спиртов – сырьевая база для получения новой продукции.

Технология получения акриловой кислоты окислением пропилена:

- установка по производству бутилакрилата;
- установка по производству ледяной акриловой кислоты.
- Технология создания суперабсорбирующих полимеров (САП):
- основные способы производства;
- мировой рынок производителей и переработчиков САП;
- оценка российского рынка САП.

Меры государственной поддержки новых проектов глубокой переработки газо- и нефтехимической продукции, а также в рамках программы импортозамещения.

# Информационный доклад о проекте Новоуренгойского газохимического комплекса

*В.И. Надточий*  
(ООО «НГХК»)

1. Введение:
  - факторы, обуславливающие строительство Новоуренгойского газохимического комплекса (НГХК);
  - расположение НГХК, преимущества площадки;
  - характеристика НГХК в целом, в том числе инфраструктуры.
2. Краткое описание и характеристика основных объектов НГХК:
  - основные зоны площадки НГХК;
  - сырье для НГХК;
  - продукция НГХК.
3. Краткое описание технологии основных производств НГХК:
  - комбинированная установка производства этан-этилена;
  - установка производства полиэтилена высокого давления.
  - основные преимущества производства полиэтилена в Новом Уренгое.
4. Реализация проекта НГХК:
  - контракты на поставку комплектного оборудования для строительства установок этан-этилена и полиэтилена;
  - основные участники проекта;
  - история проекта.
  - основные причины, оказавшие влияние на продолжительность реализации проекта.
5. Основные проблемы, возникающие в работе с иносфирмами.
6. Заключение:
  - положение дел по объектам НГХК;
  - важность завершения строительства;
  - возможность дальнейшего развития площадки.

## **Методологические основы оценки экономической эффективности отдельной транспортировки и переработки этансодержащего газа**

*Д.Х. Файрузов, А.Ю. Куреев  
(ПАО «Газпром»),  
А.С. Казак, Ю.В. Литвин, Д.В. Христофоров  
(ООО «НИИгазэкономика»),  
Р.А. Жирнов, Д.В. Изюмченко, Т.В. Соколова  
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)*

По данным Государственного баланса запасов полезных ископаемых РФ на текущий момент в ПАО «Газпром» эксплуатируется ряд месторождений с высоким содержанием компонентов  $C_{2+}$ , при этом высококалорийный газ, являющийся ценным сырьем для газохимии, не перерабатывается, а направляется напрямую в газотранспортную сеть.

В качестве вариантов поставок и последующей переработки этансодержащего газа в докладе рассматриваются валанжинские и ачимовские залежи Уренгойского НГКМ, валанжинские залежи Ямбургского ГKM и Заполярного НГКМ.

Уровень добычи этансодержащего газа по анализируемым месторождениям обеспечивает удовлетворение потребностей для заполнения одной выделенной нитки до 2050 г. Содержание жирных компонентов в газе стабильно и обеспечивает устойчивую работу перерабатывающего предприятия также до 2050 г.

В работе рассматриваются 80 вариантов организации сбора, транспортировки и переработки этансодержащего газа: два варианта точки входа, два варианта организации транспортировки (сжигание сухого / этансодержащего газа), пять вариантов точек выхода и два варианта организации перерабатывающих производств (ГПЗ / ГХК).

В докладе представлены методические подходы к оценке стоимости сырьевого газа. Первый подход («cost+») позволяет оценить минимально приемлемый уровень цен на каждом этапе реализации предложенной схемы, однако конечная цена для потребителя может существенно отличаться от рыночной. Второй подход («cost+&netback») позволяет оценить эффективность решения с учетом рыночного уровня цен.

Ожидается, что приведенные методические подходы могут быть использованы для решения вопроса об экономической оценке эффективности переработки этансодержащего газа.

## Проблемы эксплуатации установок Клауса в условиях падающей добычи Оренбургского НГКМ

С.А. Фот  
(ООО «Газпром добыча Оренбург»)

Ежегодное снижение добычи газа Оренбургского НГКМ (ОНГКМ) и увеличение доли газа Карачаганакского НГКМ (КНГКМ) в общем объеме перерабатываемого газа приводит к снижению качества кислого газа по показателю «объемная доля сероводорода».

В практическом опыте эксплуатации газоперерабатывающего завода (ГПЗ) имеется несколько случаев работы в условиях низкого соотношения газа ОНГКМ/КНГКМ, связанного с производственной ситуацией на объектах добычи и переработки.

Во время остановки ДКС-1, когда соотношение газа КНГКМ и ОНГКМ составляло 1:1, было зафиксировано снижение концентрации сероводорода в кислом газе до 45 % об. и ниже.

При переработке кислого газа с низким содержанием сероводорода на отдельных установках получения серы I, II, III очередей завода имело место снижение температуры в топках печей реакции, неустойчивое импульсное горение в печах-реакторах и, как следствие, повышенная вибрация на трубопроводах подачи кислого газа и воздуха в печи.

С учетом перспектив сырьевой базы было выполнено прогнозное моделирование работы завода до 2050 г., которое показывает, что при выполнении существующих договорных обязательств уже в 2025 г. возникнет проблема с недостатком газа для загрузки ГПЗ. С большой вероятностью можно говорить про дозагрузку мощностей ГПЗ газом КНГКМ, поэтому при расчетах на период после 2025 г. использовался именно этот сценарий с учетом реальных возможностей установок завода.

В рамках проведенной работы выполнено прогнозное моделирование ситуации с учетом качества магистрального и кислого газов, а также определены:

- оптимальный вариант загрузок завода с учетом сырьевой базы и реальной возможности работы установок сероочистки;
- ключевые временные точки принятия решений;
- слабые места схемы переработки газа;
- оптимальный вариант модернизации установок Клауса на низком содержании сероводорода в кислом газе;
- оптимальная схема переработки газа для решения проблемы с качеством кислого газа.

## **Перспективы производства серы на Астраханском ГПЗ и направления ее применения для создания продукции газохимии**

*О.Н. Каратун*  
(ООО «Газпром добыча Астрахань»)

Уникальность Астраханского газоконденсатного месторождения заключается в высоком содержании сероводорода (до 30,0 %) и других сернистых соединений в пластовой смеси.

Основное назначение Астраханского ГПЗ – переработка пластовой смеси и получение товарных продуктов, в частности серы, которая выпускается следующих видов:

- сера техническая газовая жидкая, по ГОСТ 127.1-93;
- сера техническая газовая комовая, по ГОСТ 127.1-93;
- сера техническая газовая комовая, по ТУ 2112-080-05780913-2007;
- сера техническая газовая гранулированная марок С и М, по ТУ 2112-134-31323949-2005.

Сера вырабатывается из кислого газа, основным компонентом которого является сероводород. Кислый газ образуется после сепарации и аминовой очистки газовой части пластовой смеси. Кислые газы направляются на установку производства серы, которых на предприятии 8 штук, где получают серу техническую жидкую.

Использование технической серы является в настоящее время важной задачей, от решения которой зависит эффективность производственного цикла серосодержащего углеводородного сырья.

Актуальность рационального и эффективного использования серы обусловлена двумя основными причинами: экологическими и экономическими.

Применение серы и серных соединений, производимых на АГПЗ, в строительной отрасли, дорожном строительстве открывает большие возможности и потенциал для появления современных композиционных строительных материалов и конструкций на основе термопластичного серного вяжущего. Другим интересным направлением переработки астраханской серы является получение серной кислоты. Современные технологии позволяют ее получать непосредственно из сероводорода, минуя стадию извлечения серы.



## Мировой рынок серы и перспективы его развития

*М.Н. Алёхина*  
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

Специфической особенностью конъюнктуры мирового рынка, влияющей на состояние и динамику баланса серы, является его взаимосвязь не столько с положением в самой отрасли по ее производству или в смежных сегментах (например, в производстве минеральных удобрений), сколько с общим состоянием мировой экономики и экономики отдельно взятой страны.

В последнее время практически весь объем выработки элементарной серы осуществляется в качестве побочного продукта при добыче и переработке углеводородного сырья, в результате чего отсутствует корреляция между производством и спросом на продукцию в отличие от большинства других сырьевых товаров. При этом начиная с 2009 г. на долю нефтепереработки приходится более 50 % объемов производства.

С 2010 г. рынок серы был относительно сбалансирован и даже наблюдался небольшой дефицит, максимальное значение которого составило порядка 0,8 млн т.

С 2015 г. мировой рынок серы вступил в очередную фазу превышения предложения над спросом. Пик профицита серы прогнозируется на начало 2020 г. и составит порядка 5 млн т.

Региональные рынки будут характеризоваться профицитом серы на Ближнем Востоке, в России, СНГ и Северной Америке. В Африке, Азии, Океании, Центральной и Южной Америке сохранится устойчивый дефицит продукции.

На российском рынке доминирующим производителем серы по-прежнему остается ПАО «Газпром». В прогнозном периоде российский рынок серы останется экспортно-ориентированным.

## **Практика применения дорожно-строительных материалов на основе серы в России**

*Н.В. Мотин*  
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

Проблемы реализации серы в России в начале 2000-х гг. и отсутствие качественных дорожных покрытий массового производства позволили начать исследования в области создания новых дорожно-строительных материалов, где в качестве вяжущего компонента использовалась газовая модифицированная сера.

Итогом исследований ООО «Газпром ВНИИГАЗ» совместно с дорожно-строительными организациями и научно-исследовательскими институтами стало создание литых и уплотняемых сероасфальтобетонов, которые по своим физико-механическим свойствам превосходят традиционные.

Реализация пилотных проектов позволила на практике отработать технологии промышленного производства и укладки сероасфальтобетонных смесей в различных условиях и регионах, определить экономические показатели производства и разработать нормативно-техническую документацию на новые материалы.

## **СЕКЦИЯ «С»**

# **ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАНОСОДЕРЖАЩИХ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ В ВЫСОКОЛИКВИДНУЮ ПРОДУКЦИЮ**

### **Метанол в бензин (MTF): новая первоклассная технология производства высокооктанового бензина из метанола**

*М. Кушель, А. Каушке  
(Chemieanlagenbau Chemnitz GmbH)*

Ввиду ограниченных ресурсов нефти существует необходимость в поиске альтернативных источников сырья для производства моторных топлив. В отличие от переработки нефти целевые продукты из альтернативного сырья производятся преимущественно посредством синтеза. Необходимый в качестве исходного сырья для синтеза топлива синтез-газ, насыщенный водородом и оксидом углерода, можно получать практически из всех углеродсодержащих энергоносителей, таких как уголь, природный газ, попутный нефтяной газ, в том числе и из биомассы, путем газификации. Попутные нефтяные газы, сжигаемые на месте их образования без переработки в качестве вторичных материальных и энергетических ресурсов, что усугубляет проблему с выбросом CO<sub>2</sub>, могут с помощью процесса конверсии (синтез-газ → метанол → бензин) трансформироваться в пригодное вторсырье.

На первой технологической ступени для получения топлива из природного газа путем газификации производится синтез-газ, насыщенный H<sub>2</sub> и CO. Имеющиеся на сегодняшний день технологии для второй ступени (превращение синтез-газа, получаемого из природного газа, в жидкие углеводороды) можно подразделить на две главные группы. К первой группе относится прямое каталитическое превращение синтез-газа в жидкие углеводороды, а ко второй – не прямое каталитическое превращение синтез-газа в жидкие углеводороды через метанол. Данные технологии имеют сходство во внушительных капитальных затратах на строительство промышленной установки по производству бензина из синтез-газа. Прямые продукты процессов превращения синтез-газа (процесс Фишера – Тропша) или превращения метанола из синтез-газа с целью получения продуктов (бензина или дизельного топлива) подлежат дальнейшей переработке в последующих процессах гидрокрекинга, олигомеризации, изомеризации и дистилляции. При этом получаемые продукты не имеют желаемого конечного качества. Бензиновый продукт из синтеза Фишера – Тропша является бензином с низким октановым числом и нуждается в обогащении с помощью процессов риформинга и изомеризации.

Новая технология Methanol-to-Fuel (бензин из метанола), именуемая «MTF-технология», способная решить все вышеперечисленные проблемы, была успешно испытана на базе пилотной установки.

Синтез высокооктанового бензина происходит в изотермическом реакторе. Основные составляющие технологии, такие как изотермические реакторы, способ теплоотвода, условия реакции и специально подобранный катализатор, отличаются аппаратными и технологическими усовершенствованиями от технологий конкурентов, синтезирующих бензин из синтез-газа через метанол или же смеси метанола/диметилэфира в так называемом процессе MTG (Methanol-to-Gasoline): например, технология TIGAS компании Haldor Topsoe или технология MtSynfuels компании Lurgi. В частности, благодаря температурному регулированию в зоне протекания реакции в реакторе можно производить продукты, отвечающие индивидуальным требованиям эксплуатационника. Химическая формула первичного бензинового продукта после простой перегонки отвечает требованиям ЕС и ГОСТа.

## **Инновационные российские технологии глубокой переработки газа**

*С.Н. Хаджиев, А.Л. Максимов, М.В. Магомедова, И.М. Герзелиев,  
Н.В. Колесниченко, М.В. Куликова  
(Институт нефтехимического синтеза РАН им. А.В. Топчиева)*

В настоящее производство углеводородов различных типов из природного газа рассматривается как одно из перспективных направлений его монетизации. Значительный опыт, накопленный в этой области, позволяет выделить несколько направлений, обеспечивающих возможность получения различных типов продуктов – как компонентов топлив, так и сырья для нефтехимии. В докладе рассмотрено несколько процессов, разрабатываемых в настоящее время ИНХС РАН:

1. Новый окислительный процесс получения синтез-газа с использованием лифт-реактора и специального металлоксидного контакта. Процесс позволяет использовать воздух вместо кислорода и получать синтез-газ с высокой производительностью и селективностью как из метана, так и из его смесей с диоксидом углерода.

2. Одностадийный процесс получения диметилового эфира (ДМЭ) из синтез-газа. ДМЭ может рассматриваться как соединение, обеспечивающее эффективную транспортировку природного газа; перспективное сырье для производства различных химических продуктов; топливо как для дизельных двигателей, так и электрогенераторов; заменитель СУГ.

3. Процесс получения олефинов (этилена и пропилена) через синтез-газ и оксигенаты с использованием цеолитсодержащих катализаторов различного типа. Синтез-газ в одну стадию превращается в диметиловый эфир, из которого далее могут быть получены этилен и пропилен. Достоинство процесса – возможность варьирования отношения этилен/пропилен в широких пределах.

4. Процесс превращения ДМЭ в высокооктановый бензин с содержанием ароматических соединений ниже уровня класса 5. Для переработки попутного газа на отдаленных месторождениях предлагается вариант процесса, обеспечивающий получение аналога легкого газового конденсата, который может транспортироваться с нефтью по трубопроводам без потери ее качества.

5. Новый вариант процесса Фишера – Тропша с использованием сларри-реактора и высокоактивных наноразмерных катализаторов. Технология проходит испытания на пилотной стадии и демонстрирует высокую эффективность как при получении синтетической нефти, так и при синтезе продукта, обогащенного высшими олефинами.

## **Опытнo-промышленная установка получения синтетических углеводородов из природного газа и перспективы создания GTL модулей**

*А.П. Савостьянов, Г.Б. Нарочный, Р.Е. Яковенко  
(НИИ «Нанотехнологии и новые материалы»  
ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова),  
А.А. Меркин, А.А. Комаров  
(ФКП «Завод имени Я.М. Свердлова»),  
М.В. Балабанов  
(ООО «Цимлянский машиностроительный завод»),  
И.В. Усков  
(ЗАО «Самарский катализаторный завод»)*

Выполнен комплекс работ, включающий НИР, ОКР и проектную часть. Разработана технологическая схема процесса, создан новый кобальтовый катализатор с высокой селективностью по церезину, определены оптимальные условия синтеза углеводородов. Подготовлена проектная и рабочая документация для изготовления основного и вспомогательного оборудования, системы автоматизации, монтажа установки и изготовления катализатора.

Технологическая схема процесса предусматривает получение синтез-газа, синтез широкой фракции углеводородов, выделение и очистку церезина. Оборудование изготовлено на отечественных машиностроительных предприятиях. Для производства кобальтового катализатора разработаны технические условия и регламент, на основании которых наработана опытнo-промышленная партия.

Синтез-газ получен путем парциального окисления метана воздухом. Для синтеза церезина использованы трубчатые реакторы. Для выделения церезина из ТШФ реализована двухстадийная атмосферная и вакуумная перегонки. Дополнительная адсорбционная очистка позволяет повысить температуру каплепадения церезина на 2–3 °С.

Предложены и апробированы на полноцикловой пилотной лабораторной установке варианты переработки ПНГ (или природного газа) в высококачественные моторные топлива на модульных установках производительностью 5–50 тыс. т/год. Использование композитного катализатора обеспечивает выход бензина ОЧ 92 до 65 % и дизельного топлива ЦЧ 48 порядка 35 % с минимальным выходом высокомолекулярных парафинов.

## **Каталитические свойства различных катализаторов сларри-процесса Фишера – Тропша для малотоннажных установок БМК-85**

*С.А. Филипченко  
(ЗАО «РНТ»)*

Рассмотрены перспективы технологии GTL для малотоннажного производства.

Представлена опытно-промышленная установка синтеза Фишера – Тропша, на которой проводились промышленные испытания современных катализаторов синтеза Фишера – Тропша, полученных методом осаждения *in situ*.

Содержатся результаты физико-химических исследований катализаторов, среди которых сканирующая электронная микроскопия, ртутная порометрия, дериватографический и хроматомас-спектрометрический анализы.

Приводятся результаты хроматографического анализа полученной синтетической нефти.

Представлена модель малотоннажной установки Фишера – Тропша БМК-85 с применением газовых турбин, разработанная на основе полученных экспериментальных данных.

Разработаны эффективные методики масштабирования реактора ФТ, позволяющие применять модели для проектирования крупнотоннажных установок.

Перечислены основные характеристики установки БМК-85: энергетический и материальный балансы, перечень и расположение оборудования.

## **Комплексная переработка природных и попутных газов с получением моторных топлив и ароматических соединений**

*И.И. Лищинер  
(ООО ТПК «Стелла»),  
А.Ю. Беляев, А.В. Рындин  
(ООО «Протэк»)*

Разделы доклада:

- вступление;
- основные направления переработки природного попутного газа (ППГ);
- проведенные исследования по переработке ППГ;
- подход компании к переработке ППГ;
- проработанные схемы переработки ППГ;
- результаты исследований на разработанных пилотных установках;
- результаты исследований на смасштабированных установках;
- результаты исследований на разработанных аппаратах;
- новые аппараты и технологии;
- разработанные катализаторы под процесс;
- сертификация полученного бензина в соответствии с требованиями стандарта Евро-5.



## **Изучение процесса пиролиза синтетической бензиновой фракции**

*А.Д. Кондратенко, Ф.Г. Жагфаров, А.Б. Карпов  
(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)*

Целью проведенной работы являлось определение возможности использования синтетической бензиновой фракции в качестве сырья для пиролиза. В ходе исследования планировалось определить выходы низших олефинов и интенсивность коксообразования при пиролизе нефтяной и синтетической бензиновых фракций, оценить влияние состава сырья на процесс пиролиза.

Изучение процесса термического пиролиза проводили в лабораторной установке проточного типа. Данный реактор изготовлен из стали марки 08Х18Н10, по своему составу близкой к промышленным печам пиролиза, что позволяет получить более точные результаты.

Исследования пиролиза синтетической бензиновой фракции показали высокие выходы низших олефинов и низкое смолообразование, однако наблюдалось интенсивное образование кокса. Для снижения коксообразования в GTL-бензиновую фракцию был добавлен ингибитор – диметилсульфид (ДМС). В итоге по сравнению с нефтяной фракцией выход этилена при использовании GTL-фракции с ДМС выше в среднем на 1 % масс, пропилена – на 3 % масс.

Также был испытан комбинированный ингибитор на основе соединений олова в сочетании с соединениями серы. Он позволил существенно снизить коксообразование при пиролизе GTL-бензина. Предположительно механизм действия данного типа ингибитора заключается в подавлении активных центров, являющихся катализаторами коксообразования, в качестве которых выступает материал стенок печей пиролиза. По-видимому, на стенке реактора осаждаются соединения олова, тем самым блокируя каталитически активные поверхностные центры.

Таким образом, показано, что при пиролизе синтетической бензиновой фракции наблюдаются повышенные выходы низших олефинов. Подобран комбинированный ингибитор и его концентрация на основе серо- и оловосодержащих соединений для пиролиза GTL-бензина, который значительно уменьшает образование кокса на стенках реактора.

## **СЕКЦИЯ «D» ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА**

### **Ресурсы полезных компонентов природного газа месторождений Лено-Тунгусской НГП**

*А.Б. Фукс  
(ФГБУ «ВНИГНИ»)*

В настоящее время в южной и центральной частях Лено-Тунгусской НГП подготовлены к промышленному освоению значительные запасы углеводородов. Ведется промышленная добыча нефти в Якутии и Иркутской области. Добываемый при этом попутный газ используется для собственных нужд либо закачивается в газовые залежи. Сравнительно небольшая добыча свободного газа ведется для снабжения Норильска и Якутска. Планы развития газодобывающей отрасли в регионе связаны с вводом в разработку Чаяндинского, Ковыктинского и Хандинского месторождений. Запасы свободного газа категорий  $C_1+C_2$  этих месторождений – свыше 4 трлн  $m^3$ , причем в 1 млрд  $m^3$  пластового газа содержатся: 52–80 тыс. т этана, 15–29 тыс. т пропана и 8–15 тыс. т бутанов. Суммарные запасы гелия вышеуказанных месторождений – свыше 1 млрд  $m^3$ . Таким образом, при добыче газа будут добываться значительные объемы полезных попутных компонентов.

В Красноярском крае в конце 2016 г. планируется ввести в разработку Куюмбинское газоконденсатнонефтяное месторождение, с последующим вводом Камско-Терской и Юрубчено-Тахомской группы месторождений. Первоначально предполагается добывать 8 млн т нефти в год, с последующим выходом на уровень 15 млн т/год. При этом будет добываться большой объем попутного газа, где в пересчете на 1 млрд  $m^3$  содержатся: 135–228 тыс. т этана, 100–155 тыс. т пропана, 51–65 тыс. т бутанов.

По сообщениям в прессе, между ПАО «НК «Роснефть» и китайской компанией Sinopet подписано Рамочное соглашение об участии в проекте по строительству газоперерабатывающего и нефтегазохимического комплекса в Восточной Сибири мощностью до 5 млрд  $m^3$ /год.

## Оптимизация технологии сжижения природного газа в условиях арктического климата

*Е.П. Дубровина*

*(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)*

В данной работе выполнен анализ научных источников и опыта практического использования технологий сероочистки природного газа, на основе которых были выбраны четыре лучшие технологии: ДЭА, МДЭА + ДЭА, МДЭА, ADIP-X (МДЭА + пиперазин).

Далее был произведен предварительный расчет абсорберов сероочистки в программном комплексе AspenHYSYS при требуемом составе газа, который после очистки будет подаваться на сжижение. Для выбора наиболее подходящей технологии в ПК AspenHYSYS было произведено сравнение энергоэффективности четырех технологий сероочистки при заданной концентрации и расходе раствора абсорбента, среди которых была выбрана лучшая – ADIP-X.

Второй этап работы основан на анализе литературных данных и практическом использовании технологий сжижения природного газа. В результате были выбраны C<sub>3</sub>MR и DMR.

С помощью ПК AspenHYSYS было проведено сравнение двух выбранных технологий в условиях арктического климата, в итоге лучшей признана C<sub>3</sub>MR.

На основе данных, полученных в ходе работы, можно рекомендовать при реализации проектов СПГ в условиях арктического климата следующие технологии: для сероочистки природного газа, подаваемого на сжижение, – ADIP-X, а для сжижения природного газа – C<sub>3</sub>MR.

## Продувочные газы – ценное углеводородное сырье для газохимической промышленности

А.К. Арабский  
(ООО «Газпром добыча Ямбург»),  
Г.С. Аконова  
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

В структуре суммарных выбросов метана в атмосферу России доля ПАО «Газпром» составляет около 6 %. Из них на сектор *up-stream* компании приходится всего 5 % от этого количества, или более 60 тыс. т (0,3 % валовых выбросов метана в России). Потери продувочных и стравливаемых в атмосферу углеводородных смесей при технологических операциях являются следствием операций опорожнения, вытеснения воздуха газом через свечи и сбросные клапаны технологического оборудования, подготовки газового конденсата к дальнейшему транспорту.

Потери метана в составе углеводородной смеси при добыче в результате технологических операций и продувок имеют место при исследовании скважин, ремонтах, обслуживании, а также при разведке и эксплуатационном бурении на газ. При этом часть этой смеси представляют углеводороды метанового ряда – этан, пропан, бутан и др., традиционно являющиеся ценным сырьем газохимической промышленности мира.

В условиях слабо развитой инфраструктуры, характерной для Крайнего Севера, Сибири, когда расстояние до ближайшего потенциального потребителя углеводородной смеси существенно превышает 200 км, их сбор и транспортировка оказываются при существующих технологиях абсолютно нерентабельными. Использование углеводородной смеси на собственные нужды существенно меньше объемов реального производства, которое имеет четкую тенденцию роста в связи с освоением новых месторождений с жирным газом. Именно поэтому и происходят потери газов, но вместе с тем появляется стимул к поиску технологий по снижению потерь углеводородной смеси, которая может рассматриваться как ценное сырье для собственных нужд предприятия.

На Заполярном НГКМ валанжинские промыслы УКПГ 1-В и 2-В уже имеют в своем составе компрессорные станции по улавливанию и компримированию газов деэтанзации, закачивая их в магистральный газопровод, что позволило полностью прекратить сжигание на факелах. Однако назвать это комплексным решением проблемы, безусловно, нельзя.

Более рациональный путь – использовать углеводородную смесь, в частности газы выветривания, поступающие со всех газовых промыслов Надым-Пур-Тазовского региона, как сырье газо-химического комплекса в г. Новом Уренгое. В докладе рассматривается экономически привлекательная технология доставки газов выветривания на этот комплекс.

## **Применение пенокерамических материалов в химической промышленности**

*И.А. Козлов*

*(ООО «Ноатекс», АО «Русский катализатор»)*

Пенокерамические материалы благодаря хорошим технико-экономическим характеристикам, в частности низким коэффициентом гидравлического сопротивления вкупе с высокими показателями механической и химической стойкости, широко применяются в химической промышленности в качестве фильтров, распределительных насадок, носителей и катализаторов для газофазных и жидкофазных процессов.

Пенокерамические катализаторы используются в установках каталитической очистки газовых выбросов для предприятий химической промышленности, в том числе для утилизации водорода во взрывоопасных производствах. Палладиевые катализаторы широко используются в тонком органическом синтезе взамен порошкообразных и гранулированных катализаторов.

В докладе представлены физико-химические характеристики пенокерамического катализатора и патронного фильтра, а также результаты промышленного использования пенокерамических материалов.

Основными преимуществами пенокерамических материалов по сравнению с традиционными катализаторами, используемыми в практике, являются: высокая химическая и физическая прочность, стойкость к истиранию, удобный в работе форм-фактор, легкая регенерация, позволяющая использовать материал не менее 50 раз.

## **Полиэтиленовая композиция для наружной изоляции стальных труб**

*И.И. Салахов, Н.М. Шайдуллин, В.Р. Латфуллин,  
М.Г. Фатыхов, А.Г. Сахабутдинов  
(ПАО «Нижнекамскнефтехим»)*

Для увеличения срока службы металлических магистральных нефтегазовых трубопроводов используют различные виды антикоррозионных покрытий. В России наиболее широкое применение нашло заводское трехслойное полиэтиленовое покрытие, система которого состоит из праймера, адгезива и наружного полиэтиленового слоя. Отраслевые стандарты СТО Газпром 2-2.3-130-2007 и ОТТ-25.220.60-КТН-103-15 регламентируют высокое качество покрытия.

На рынке трубной изоляции России широко представлены импортные продукты компаний Borealis AG, KPIС и др., которые предлагают полиэтилен в системе с адгезивом. Среди отечественных производителей можно отметить успехи компании «Метаклей», которая, пройдя сертификацию в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и получив одобрение на трубных заводах страны, поставляет полиэтилен марки «Метаклей ПЭ-1» и адгезив «Метален АПЭ-1».

В 2015 г. ПАО «Нижнекамскнефтехим» успешно прошло квалификационные испытания на ряде трубных заводов и приступило к серийному промышленному производству изоляционной марки бимодального полиэтилена высокой плотности РЕ 6146KM, которая по технологичности и техническим характеристикам не уступает импортным продуктам.

Производство полиэтиленовой композиции РЕ 6146KM сочетает в себе выпуск базового полиэтилена высокой плотности путем сополимеризации этилена с гексен-1 в двух газофазных реакторах на установке Spherilene с последующим получением композиции на стадиях экструзии и компаундирования. Реализованная двухреакторная схема позволяет получать бимодальный полиэтилен с требуемыми свойствами. Высокое качество покрытия подтверждено положительными заключениями, полученными от ООО «НИИ Транснефть». На сегодняшний день в Научно-технологическом центре Общества ведется разработка собственного адгезива для использования в системе с полиэтиленом РЕ 6146KM.

## **Геохимические особенности подземных вод Астраханского свода**

*Н.Н. Зыкин*  
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

С целью выявления геохимических особенностей подземных вод Астраханского свода изучен изотопный состав вод покровного гидрогеологического этажа, надсолевого, солевого и подсолевого гидрогеологических комплексов, впервые изучены флюидные включения из вмещающих отложений продуктивного горизонта Астраханского газоконденсатного месторождения (АГКМ). По флюидным включениям вмещающих известняков и жильных кальцитов проведены микроскопические и термо-баро-геохимические исследования. По данным газовой хроматографии и КР спектроскопии изучен валовый состав жидкой и газовой фаз включений известняков и состав индивидуальных сингенетических включений в кальците.

По полученным данным выявлен генезис вод разреза и степень их метаморфизации. Установлено, что пластовые воды подсолевого гидрогеологического комплекса в разрезе АГКМ представлены метаморфизованными седиментационными водами эвапоритового бассейна и водами дегидратации надсолевых отложений.

Показаны перспективы использования пластовых вод АГКМ в геохимической отрасли.

## Оборудование и технологии ООО «Фаст Инжиниринг» для добычи и переработки природного газа. Опыт внедрения

*Д.Л. Астановский*  
(ООО «Фаст Инжиниринг»)

Созданные ООО «Фаст Инжиниринг» и успешно эксплуатируемые в промышленности принципиально новые конструкции каталитических реакторов, теплообменных и массообменных аппаратов, а также другое оборудование нового поколения по технико-экономическим показателям превосходят лучшие отечественные и зарубежные образцы оборудования аналогичного назначения. В ряде случаев не имеют аналогов в мировой практике и по возможности их применения являются безальтернативными.

**Теплообменные аппараты** конструкции ФАСТ ИНЖИНИРИНГ® обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционно применяемыми теплообменными аппаратами. Это равномерное распределение теплообменных сред по теплообменным поверхностям; возможность проведения теплообмена практически неограниченного количества теплообменных сред в одном аппарате, а также в широком диапазоне температур (от  $-270$  до  $1200$  °С) и давлений (до 30 МПа и выше), при больших перепадах давлений и температур теплообменных сред; возможность использования в качестве испарителей, конденсаторов, аппаратов воздушного охлаждения, компактность конструкции, низкая металлоемкость и др.

**Каталитические реакторы** нового поколения позволяют проводить процесс гетерогенного катализа при оптимальных температурных условиях с применением высокоактивного мелкозернистого катализатора, низкой потерей напора реакционной среды в зернистом слое. Обеспечивают равномерное распределение реакционной среды по всему объему катализатора и поддерживают заданную оптимальную температуру в зернистом слое. Эксплуатация промышленных каталитических реакторов нового поколения и реакторов, установленных на пилотных установках, подтвердила их высокую эффективность.

**Массообменные аппараты** эффективно используются для проведения процессов массообмена, в том числе абсорбции, очистки газовых выбросов промышленных производств и др. Процесс массообмена осуществляется в пенном режиме. Турбулизация газожидкостной системы сопровождается образованием нестабильной, сильно подвижной пены за счет кинетической энергии газа. При этом обеспечивается хороший контакт газа и жидкости с развитой поверхностью раздела фаз.

Созданное оборудование нового поколения успешно эксплуатируется в России и за рубежом. Производство каталитических реакторов, теплообменных и массообменных аппаратов нового поколения по лицензии ООО «Фаст Инжиниринг» освоено рядом машиностроительных заводов Российской Федерации.

На основе применения оборудования нового поколения разработаны энергосберегающие и экологически чистые технологии для использо-



вания их во многих отраслях промышленности, в том числе для добычи и переработки природного газа (ПГ). Новые технологии отличаются сокращением потребления сырья, энергоресурсов, снижением капитальных вложений и эксплуатационных затрат, а также значительным уменьшением вредных выбросов в окружающую среду.

**Технология эффективного сжигания топлива**<sup>®</sup> на беспламенной горелке<sup>®</sup> с поддержанием заданной адиабатической температуры горения успешно опробована на экспериментальных стендах и внедряется в промышленность. Эта технология может быть использована для газовых турбин, трубчатых печей, энергетических котлов, при получении синтезгаза из ПГ и др. Применение этой технологии повышает надежность эксплуатации оборудования, сокращает потребление топлива примерно на 5–15 % и практически исключает выбросы вредных веществ (СО и NO<sub>x</sub>) в окружающую среду.

**Технология переработки ПГ в синтетические жидкие топлива**, по сравнению с традиционно применяемыми технологиями, сокращает капитальные вложения примерно в 2–5 раз и снижает примерно на 30–35 % удельное потребление сырья (природного газа или попутного нефтяного газа). При этом практически полностью исключаются выбросы вредных веществ (СО и NO<sub>x</sub>) в окружающую среду. Отдельные стадии процесса успешно проверены на экспериментальных стендах.

**Технология получения метанола** из ПГ с использованием пластового давления скважины или давления магистрального газопровода обеспечивает возможность создания эффективных установок на малую производительность (5–10 тыс. т/год). При этом исключается использование кислорода при проведении паровой конверсии ПГ и компрессорное оборудование. Капитальные вложения и эксплуатационные затраты снижаются более чем в два раза и практически исключаются выбросы вредных веществ (СО и NO<sub>x</sub>) в окружающую среду. Стадия получения синтезгаза под давлением 6,3 МПа успешно проверена на пилотной установке.

**Технология получения водорода** из ПГ по сравнению с традиционными технологиями примерно в 2–3 раза сокращает удельные капитальные вложения (в зависимости от мощности установки), а также снижает удельное потребление ПГ на получение 1 кг водорода примерно на 20–30 %. При этом практически полностью исключаются выбросы вредных веществ (СО и NO<sub>x</sub>) в окружающую среду.

**Технология низкотемпературной сепарации** ПГ на установках комплексной подготовки газа значительно снижает капитальные вложения и эксплуатационные затраты. Отдельные стадии процесса внедряются в промышленность.

На созданное оборудование и технологии имеются патенты РФ на изобретения, авторские права на которые принадлежат ООО «Фаст Инжиниринг».

# СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

## Пути рационального использования пропан-бутановой фракции

*А.В. Коробейников, Е.В. Есин, В.И. Стахив, К.Н. Ощехин  
(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)*

Россия является мировым лидером по факельному сжиганию ПНГ и части топливных газов на производствах. Статистические данные за 2012 г. показали, что более 20 млрд м<sup>3</sup> газов сжигается на факельных хозяйствах месторождений и НПЗ. Такие результаты свидетельствуют о том, что происходит серьезная потеря потенциального сырья нефтехимического производства.

В настоящее время часть НПЗ России не оснащены ГФУ и установками, способными перерабатывать газы в продукты с высоким мультипликатором стоимости. В результате на факельных хозяйствах и в печах установок заводов сжигаются этан, этилен, пропан-пропиленовая и бутан-бутиленовая фракции. Опыт иностранных коллег показывает, что существуют различные варианты применения на практике технологических цепочек ароматизации такой части заводских газов, как пропан-бутановая фракция. Таким образом, была поставлена следующая задача: разработать блок-схему технологической цепочки переработки пропан-бутановой фракции.

Была предложена схема, включающая такие основные элементы, как установка Cyclar<sup>TM</sup>, колонны отгона бензола, толуола и ксилолов, установки PX-Plus<sup>TM</sup>, Parex<sup>TM</sup> и Isomar<sup>TM</sup>. Данная технологическая цепочка предназначена для переработки пропан-бутановой фракции в следующий ряд ароматических углеводородов: бензол и о-, п-ксилолы. Выбранная технологическая комбинация позволяет производить ароматизацию сырья до бензола, смеси ксилолов и толуола, который в свою очередь на установке PX-Plus<sup>TM</sup> перерабатывается до бензола, п-ксилола и смеси газов. Выходы бензола, о-, п-ксилола составляют 25,72; 4,7 и 17,7 % соответственно. Кроме того продуктами установок являются водород, топливный газ и ряд ароматических соединений выше C<sub>9</sub>.

III Международная конференция

**Газохимия-2016**

Корректор      М.В. Бурова  
Верстка        И.Ю. Белов

Подписано к печати 24.11.2016 г.  
Тираж 120 экз. Ф-т 60×84/16  
Объем: 2,09 усл. печ. л.