

# ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ МОНОЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ ОТ ВЗВЕСЕЙ – ВОЗМОЖНОСТЬ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕАГЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Rune JENSEN – STATOIL ASA

Hendrik REYNEKE – Linde AG

Michael RITTER – EnviroChemie GmbH

Dr. Christoph BOHNER – EnviroChemie GmbH

Сергей ЛАХАРДОВ – ООО «ЭНВИРО-ХЕМИ ГмбХ»

*Природный газ широко используется в качестве основного источника энергии, он является одним из самых эффективных видов топлива. Потребление газа увеличивается год от года и существующих добывающих мощностей не хватает для удовлетворения новых потребностей. Нефтяные и газовые компании постоянно повышают добычу и вынуждены искать новые месторождения.*

Один из наиболее интересных регионов – это Баренцево море. Район, находящийся вдалеке от промышленности и цивилизации. Сложные климатические условия, добыча на глубине и очень чувствительная к внешнему воздействию окружающая среда значительно усложняют ведение работ. В Баренцевом море добыча газа ведется более чем в сотне километров от берега и, без какой-либо предварительной обработки, осуществляется его транспортировка по подводному трубопроводу на берег, на завод по сжижению газа. Однако достав-

ка природного газа связана с определенными трудностями. Сырье представляет собой смесь основных углеводородов, конденсата, и воды, загрязненной продуктами коррозии. Низкая температура и повышенное давление в системе могут привести к образованию гидратов, которые станут причиной образования пробок в трубопроводе. Поэтому для предотвращения возможности образования гидратных пробок требуется закачивать в скважину значительное количество ингибиторов. Обычно в качестве ингибитора используется метанол. Но район

Северной Атлантики и Баренцево море – это очень чувствительные экологические системы и, в качестве более безопасного для окружающей среды реагента при ингибировании скважин, применяется моноэтиленгликоль.

С целью экономии газодобывающие компании стараются использовать моноэтиленгликоль в технологическом процессе повторно, но реализовать эту идею непросто. Сначала нужно разделить твердую, газообразную и жидкую фракции на сепараторе. Далее газ перерабатывается на газофракционирующей установке, взвешенные вещества извлекаются, а жидкость (смесь моноэтиленгликоля и воды) поступает на установку очистки. Здесь ее очищают от мелких частиц, потом дистилляцией удаляют содержащуюся в ней соль. Очищенный моноэтиленгликоль собирается в накопительной емкости и возвращается в скважину, чтобы предотвратить образование гидратов.

Самое сложное в процессе очистки моноэтиленгликоля и его подготовке к повторному использованию – это удаление взвешенных веществ.

Твердые частицы, продукты коррозии трубопровода и вязкий конденсат вызывают образование минеральных отложений на горячих поверхностях печей нагрева. В результате, требуется периодическая остановка процесса и механическая очистка змеевиков. На новом комплексе, построенном у полярного круга компанией STATOIL (газовое месторождение «Snöhvit» в Норвегии недалеко от Хаммерфеста), была постав-



Рис. 1.

Внешний вид опытно-промышленной установки Enviro© MFI 8

лена задача - избежать таких остановок. Потребовались новые технологии. Существует большое количество методов очистки, пригодных для обработки жидкостей. В данном проекте компания EnviroChemie выбрала метод очистки на мембранных модулях, главным преимуществом которого является возможность непрерывной работы и низкое содержание взвешенных веществ в фильтрате. В отличие от классического метода осаждения, фильтрация с помощью мембранных технологий позволяет эффективно работать при более высокой концентрации взвешенных веществ.

#### ■ Лабораторная установка

Первым шагом стало изготовление лабораторной установки, и доставка образца водно-моноэтиленгликолевой смеси в исследовательский центр EnviroChemie GmbH. Пробы отобрали на действующем газоперерабатывающем заводе. В ходе лабораторных исследований была проверена эффективность очистки при различных схемах исполнения установки и испытано несколько видов материалов мембран с разными размерами пор. Было отобрано три вида материалов

для мембран: керамика, полипропилен и PVDF (поливинилиденфторид). Результаты экспериментов показали, что мембраны из полипропилена, в сравнении с другими материалами, имеют более высокую производительность при таких же размерах в поперечном сечении. Они продемонстрировали стабильность скорости фильтрования в течение единицы времени. На основе результатов лабораторных исследований была спроектирована небольшая опытно-промышленная установка. Целью ее строительства была необходимость изучения процессов очистки моноэтиленгликоля в течение более длительного промежутка времени непосредственно на газоперерабатывающем комплексе.

#### ■ Опытно-промышленные испытания

Опытно-промышленные испытания проводились на наземном газоперерабатывающем комплексе, где существуют жесткие требования промышленной безопасности. При проектировании опытной установки эти требования были тщательно изучены и учтены в конструкции. Все кабели и распределительные шкафы выполнены во взры-

вобезопасном исполнении (согласно АТЕХ инструкции и местных нормативных документов).

Ранее проведенные лабораторные опыты показали, что наиболее эффективным материалом мембран является полипропилен. По этой причине исследования на опытно-промышленной установке начали с очистки моноэтиленгликоля на мембранах из полипропилена. Для опытов использовали моноэтиленгликоль с содержанием взвешенных частиц и воды, аналогичным тому, которое может встречаться в процессе эксплуатации установки в Баренцевом море. Прежде всего, добились необходимой степени очистки по взвешенным веществам. Затем провели испытания мембранной системы в течение длительного периода. Было исследовано изменение скорости фильтрации во времени и степень удаления взвешенных веществ в зависимости от объема подачи раствора. Помимо этого подобрали оптимальную длину мембранных модулей. В начале исследований изучили работу фильтров с длинными модулями.

Однако, скорость фильтрации на опытно-промышленной установке оказалась мень-

**ИЖОРСКАЯ**  
ТРУБНАЯ КОМПАНИЯ

(812) 347-89-47

Единственный производитель  
**стальных бесшовных**  
**и насосно-компрессорных труб** на Северо-Западе

ГОСТ 8732-78, ГОСТ 633-80

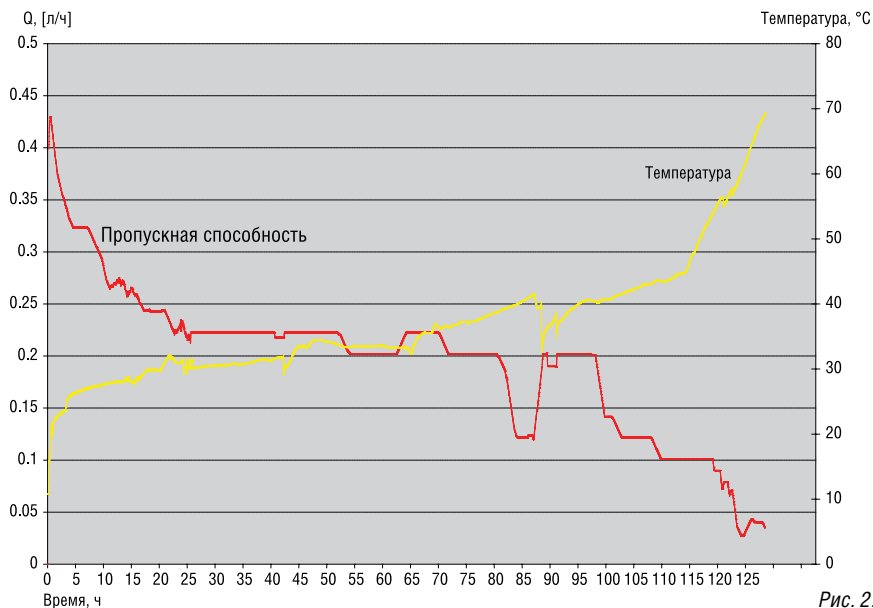


Рис. 2.  
График, отражающий зависимость между значением температуры раствора и пропускной способностью мембранного модуля



Рис. 3.  
Промышленная установка Envporur® MFI, поставленная компанией EnviroChemie GmbH

шей, чем была зафиксирована во время лабораторных испытаний. Поэтому длинные мембранные модули заменили короткими. Сокращение размеров позволило достичь необходимой эффективности с точки зрения максимальной подачи раствора и степени очистки. Самым важным было определить время безостановочной работы установки между процессами обратной промывки мембран. Было подобрано несколько программ оптимальной работы оборудования. Автоматика установки спроектирована так, чтобы работать полностью автономно, мгновенно сигнализируя о сбоях в технологическом процессе и возникновении внештатных ситуаций.

График отражает результаты испытаний опытно-промышленной установки и показывает изменение скорости  $Q$  во времени. Как видно, скорость уменьшается при увеличении температуры. Т.е. для повышения эффективности работы следует учитывать работу циркуляционного насоса, который подает в систему больше энергии, чем ее отводится вместе с фильтратом. Промышленный вариант установки было решено оборудовать системой теплообменников для снижения температуры раствора. Затем была изучена скорость очистки при изменении давления и расхода в течение одного цикла работы. Скорость фильтрации подобрана с учетом частоты обратной

промывки. Фактическая частота промывки оказалась меньшей, чем было определено при лабораторных испытаниях. Разработаны инструкции по химической очистке мембран, описана процедура обработки и даны характеристики используемых реагентов. Кроме того, были подобраны оптимальные режимы температуры и времени очистки. В ходе опытно-промышленных испытаний было проверено, что после промывки мембран эффективность фильтрации возвращается к исходно высокому уровню. Основным интересом представляло установить, какое значение коэффициента концентрации можно получить на данной установке. Для определения этого параметра потребовалось изменить конструкцию агрегата так, чтобы достичь максимально возможной концентрации подаваемого моноэтиленгликоля. Требовалось достичь концентрации взвешенных веществ не менее 5%, т.к. такой уровень может возникнуть в реальных условиях работы установки. Опыты показали, что установка обеспечивает стабильное качество очистки без существенной потери скорости фильтрации. Далее было решено протестировать установку, используя другие материалы мембран. Тестовая установка была повторно перенастроена для исследования фильтрующих способностей синтетических материалов (таких как PVDS-мембраны или модульные керамические мембраны). Однако от использования этих материалов пришлось отказаться, т.к. они показали низкую пропускную способность и проигрывали по характеристикам в сравнении с полипропиленом.

#### ■ Промышленная установка

Описанные выше испытания опытно-промышленного образца стали основой для проектирования промышленной установки. Промышленная установка микрофильтрации Envporur® MFI состоит из трех параллельно работающих фильтрующих модулей и двух линий отвода концентрата. При проектировании расчетную производительность каждого из трех модулей увеличили на 50% от номинальной пропускной способности. Поскольку модули работают независимо друг от друга, то возможна остановка каждого из них в любое время для процедуры обратной промывки. Имеется возможность очистки всех продуктовых линий без перекрестного загрязнения рабочих жидкостей и реагентов для промывки. Необходимое количество реагентов для промывки и очистки хра-



няется в специальных емкостях, установленных у основания. Установка выполнена в виде отдельно стоящего блока. Насосы, трубопроводы, мембранные узлы и станция промывки смонтированы в одном корпусе. Блок теплоизолирован, оборудован системой отопления, вентиляция и кондиционирования воздуха (HVAC-система) для предотвращения перегрева оборудования в летний период или размораживания трубопроводов в зимнее время.

Все трубопроводы, контактирующие с жидкостью, изготовлены из высококачественной дуплексной стали. Решение о применении такого материала принято исходя из того, что все другие материалы не достаточно устойчивы к коррозионной окружающей среде. Теоретически, можно было использовать углеродистую сталь с подходящим припуском на коррозию. Однако от этой идеи отказались в самом начале, т.к. существует вероятность, что продукты коррозии могут попасть на мембраны.

Компания Statoil и инжиниринговая компания Linde, отвечающая за этот проект потребовали, чтобы установка работала в полностью автоматическом режиме. Поэтому все переключатели и насосы были поставлены в автоматическом исполнении. Сигналы, поступающие от измерительных приборов на площадке, направляются в основной контроллер. Параллельно имеется возможность запустить процесс промывки мембран вручную из диспетчерской.

#### ■ Резюме

Когда добыча ведется в сотне километров от берега, а доставка любых грузов на месторождение сопряжена со значительными трудностями, первостепенное значение приобретает возможность повторного использования реагентов в технологическом процессе. В описываемом проекте фирма EnviroChemie совместно со STATOIL / Linde разработала эффективную технологию очистки моноэтиленгликоля от взвесей. Основным процессом является фильтрация на мембранных модулях на основе симметричных мембран из полипропилена. В проекте предусмотрен 50%-й резерв производительности. Для изучения всех параметров оборудования была построена сначала лабораторная, а затем - опытно-промышленная установка и проведены испытания ее работы «в полевых условиях». Результаты предварительных исследований были использованы при проектировании промышленной установки.



Исходный раствор, подлежащий очистке    Очищенный раствор моноэтиленгликоля    Пермеат

Рис.4.  
Результаты работы установки

Все работы по исследованию, проектированию и изготовлению выполнены в сжатые сроки. Успешно достигнута адаптация рабочего процесса к суровым климатическим условиям на месторождении в соответствии с графиком работ. ■

#### Необходимость применения термозапорных клапанов

Термозапорные клапаны (КТЗ) должны автоматически прекращать подачу газа к газопотребляющим приборам при возникновении пожара с целью облегчения борьбы с огнем, снижения тяжести последствий пожара, предупреждения взрыва газа, снижения травматизма пожарных расчетов и персонала предприятия.

#### Информация об обновлении и применении термозапорных клапанов

Установку термозапорных клапанов предписывают Правила пожарной безопасности (ППБ 01-03, пункт 84) и ГОСТ Р 52316-2005, Группа Г88, в которых говорится, что в соответствии с указанными выше правилами «Трубопроводы, подводящие газ к бытовым и промышленным приборам для его сжигания, на вводимых в эксплуатацию после завершения строительства, капитального ремонта, реконструкции и (или) технического перевооружения объектов, должны быть оборудованы термочувствительными запорными устройствами (термозапорными клапанами), автоматически перекрывающими газовую магистраль при достижении температуры среды в помещении при пожаре 100°С. Указанные устройства (клапаны) должны устанавливаться в помещении непосредственно перед краном на газовой магистрали.

Термозапорные клапаны должны быть устроены так, что вплоть до температуры 650°С на протяжении не менее 30 минут пропускают не более 30 литр/час, измеряемые как протекаемый или истекаемый расход воздуха. Аналогичную позицию по обязательному применению термозапорных клапанов занимает и Федеральная служба по техническому надзору (Госгортехнадзор РФ), выраженную в циркулярном письме (исх.№03-04-01/81 от 26.07.2004г.) и МЧС РФ (письмо №18/3/320 от 03.12.2003г.).



- Резьбовые: КТЗ 001 - 15...40 (В-В) и (В-Н); PN = 0,6 МПа (6,0 кг/см<sup>2</sup>)
- КТЗ 001 - 50 (В-В) и (В-Н); PN = 1,6 МПа (16,0 кг/см<sup>2</sup>)
- Фланцевые: КТЗ 001 - 50...200 (Ф); PN = 1,6 МПа (16,0 кг/см<sup>2</sup>)
- Межфланцевые: КТЗ 001 - 50...500 (МФ); PN = 1,6 МПа (16,0 кг/см<sup>2</sup>)

#### Схема размещения клапана

