



METHANE
GUIDING
PRINCIPLES

Сокращение выбросов метана: Руководство по передовому опыту Сжигание газа на факеле

Ноябрь 2019



Заявление об ограничении ответственности

Данный документ разработан в рамках партнерства Methane Guiding Principles. В данном руководстве приведена сводка существующих известных мер по снижению уровня выбросов, затрат и доступных технологий на дату публикации, но со временем они могут быть изменены или усовершенствованы. Приведенная информация, насколько это известно авторам, является точной, но она не обязательно отражает взгляды или позиции всех подписантов или организаций, поддерживающих партнерство Methane Guiding Principles, и читатели должны будут самостоятельно оценить предоставленную информацию. Читателям не предоставляется каких-либо гарантий относительно полноты или точности информации, приведенной в данном Руководстве корпорацией SLR International и ее подрядчиками, партнерством Methane Guiding Principles или подписавших ее сторон или поддерживающих организаций.

В данном Руководстве описываются действия, которые организация может предпринять для управления выбросами метана.

Эти действия или рекомендации не являются обязательными; это лишь один из эффективных способов помочь контролировать выбросы метана. Другие подходы могут быть столь же эффективными, или более эффективными в конкретной ситуации.

Действия, которые выбирают читатели, часто зависят от обстоятельств, конкретных рисков при управлении и применимого правового режима.

Содержание

<u>Краткий обзор.....</u>	<u>2</u>
<u>Введение</u>	<u>3</u>
<u>Количественное определение выбросов.....</u>	<u>4</u>
<u>Стратегии смягчения последствий.....</u>	<u>5</u>
<u>Чек-лист.....</u>	<u>14</u>
<u>Приложение.....</u>	<u>15</u>
<u>Список литературы.....</u>	<u>16</u>



Факелы - это устройства контроля выбросов, используемые для сжигания легковоспламеняющихся газов, которые в противном случае были бы выпущены в атмосферу. По оценкам, в цепях поставок нефти и природного газа по всему миру на открытых факельных устройствах сжигается около 145 миллиардов кубометров газа в год. Объем выбросов метана от этого сжигания оценивается примерно в 2 миллиона метрических тонн, или в 2% от предполагаемых выбросов метана от мировой добычи нефти и газа.¹

Существует несколько способов снижения выбросов при сжигании газа на факелах. В идеале, производство выбрасываемого газа должно быть предотвращено. Если это невыполнимо, то утилизация выбрасываемого газа может принести доход от продажи. Альтернативой является также хранение (повторная закачка) газов в нефтяные и газовые резервуары. Если выбрасываемый газ не может быть извлечен для продажи в виде природного газа или жидкого продукта, содержащего природный газ, или не может быть сохранен, его можно использовать для выработки электроэнергии. Если сжигание газа на факеле невозможно предотвратить, повышение эффективности факельных установок может снизить выбросы метана.

Стратегия передовой практики для снижения выбросов метана при сжигании газа на факельных установках:

- ✓ Ведение точного учета деятельности по сжиганию на факельных установках
- ✓ Предотвращение сжигания на факеле посредством разработки систем, которые не стравливают газ
- ✓ Регенерация газов, которые в настоящее время сжигаются, чтобы их можно было продавать в виде продуктов природного газа или сжиженного природного газа
- ✓ Хранение тех газов, которые невозможно регенерировать и немедленно продать (путем закачки в газовые или нефтяные резервуары)
- ✓ Найти альтернативные варианты использования газов, которые не могут быть проданы в качестве природного газа или сжиженного природного газа, например на производство электроэнергии
- ✓ Для газов, которые необходимо сжечь, следует убедиться в эффективности их сжигания
- ✓ Отслеживание деятельности по сжиганию и стравливанию газа в ежегодном документе по учету

Введение

Сжигание на факельных установках выполняется по соображениям безопасности, поскольку производится больше газа, чем может быть использовано, или в качестве планового контроля выбросов.

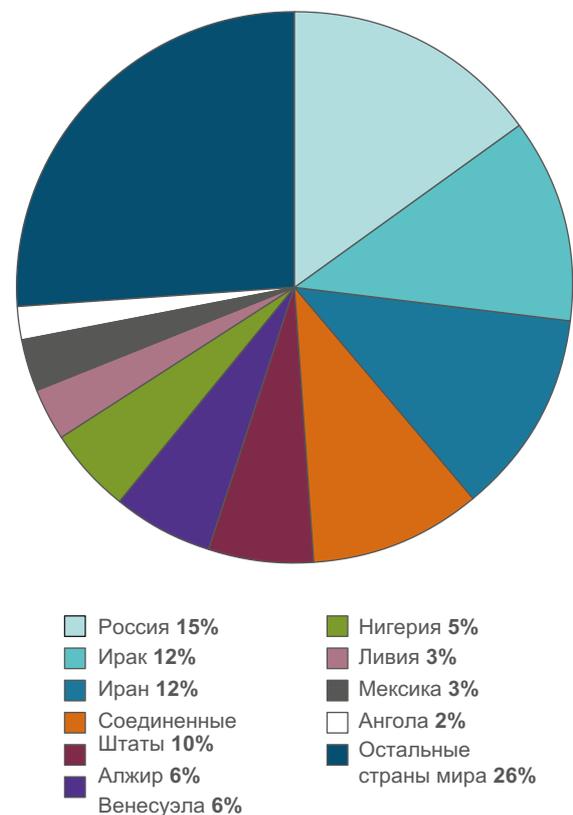
- **Сжигание на факельной установке может быть необходимым по соображениям безопасности** на скважинах и газоперерабатывающих объектах во время таких работ, как завершение бурения скважины (подготовка скважины к добыче), плановое и внеплановое техническое обслуживание и аварийное отключение.
- **Сжигание на факельных установках может быть необходимым, так как производится больше газа, чем может быть использовано.** Причиной этого может быть ряд причин, включая отсутствие инфраструктуры для сбора газов, избыточные поставки и дисбаланс давления, временно отключаемое оборудование и объединение запасов сжиженного газа. Если газ добывается из нефтяных скважин до того, как станут доступны газосборные линии, можно использовать сжигание на факельной установке. Даже если существует инфраструктура для сбора газов, начальная добыча с высоким давлением и высоким потоком газов из новых скважин может привести к перегрузке систем сбора, и избыток газа может быть сожжен. Образование конденсата в линиях сбора также может привести к сжиганию на факеле.
- **Сжигание может использоваться в качестве планового контроля выбросов,** чтобы контролировать некоторые типы выбросов, которые в противном случае могли бы быть выпущены в атмосферу.

Масштаб сжигания обычно количественно определяется на основе спутниковых измерений интенсивности света. Эти выбросы не включают сжигание в закрытых помещениях, но, тем не менее, дают представление о масштабе и распределении сжигания на факелах в любой отрезок времени.

В 2018 году Глобальное партнерство Всемирного банка по сокращению сжигания попутного газа (World bank, 2019) сообщило, что на открытых факельных установках сжигается около 145 миллиардов кубометров газа в год.¹ Это почти 4% от 3870 миллиардов кубометров природного газа, добытого в мире в 2018 году.

Распределение этого сжигания по странам показано ниже на рисунке 1. Если бы было продано 145 млрд кубических метров газа, который был сожжен, это принесло бы доход от 15 до 20 млрд долларов США в год (исходя из стоимости газа от 3 до 4 долларов США за тысячу кубических футов (от 0,11 долларов США до 0,14 долларов США за стандартный кубический метр)).

Рисунок 1: Объемы сжигаемого газа по странам (10 ведущих стран и остальной мир), на основе количественного определения



Источник: Ссылка 1

Количественное определение выбросов

Сжигание газа приводит к значительным выбросам метана. Обычно предполагается, что факелы работают с эффективностью 98%; это означает, что 2% отработанного газа не сгорает, и около 2 миллионов метрических тонн метана в год выбрасывается в атмосферу в виде несгоревшего газа.

В большинстве стран с крупномасштабной деятельностью по сжиганию на факельных установках (например, в России, Ираке, Иране) сжигание связано с обычной добычей нефти и газа. Однако, в Соединенных Штатах сжигание в основном связано с нетрадиционной добычей нефти и газа.²

Интенсивность сжигания газа может широко варьироваться в зависимости от местоположения. Анализ информации, полученной из Соединенных Штатов и Канады, показывает, что основная часть сжигаемого газа приходится на небольшое количество объектов.^{3,4} В Альберте половина сжигаемого газа приходится на примерно 10% объектов,³ тогда как в Соединенных Штатах половина от общего объема сожженного на факелах газа приходится на менее 5% из 20 000 факелов.⁴ Это означает, что стратегии смягчения последствий могут быть экономичными только для небольшого числа объектов, где на факелах идет интенсивное сжигание газа, и на которые приходится большая часть факельного газа.

Интенсивность сжигание газа со временем также может меняться, особенно в случае нетрадиционной добычи нефти (где добыча быстро сокращается) или в регионах, где создается инфраструктура для использования газа. Продолжительность сжигания может также влиять на экономическую эффективность определенных стратегий смягчения последствий.

Стратегии смягчения последствий

Наилучшая практика сокращения сжигания газа на факеле заключается в предотвращении генерации остаточного газа, либо генерация такого газа для продажи или обратной закачки в нефтегазовые резервуары.

Если остаточный газ не может быть использован для продажи или закачки в газовые или нефтяные резервуары, он может быть использован для выработки электроэнергии. В качестве окончательного варианта, если нельзя избежать сжигания на факеле, то снизить выбросы метана можно посредством повышения эффективности сжигания.

Стратегии сжигания и смягчения последствий приведены ниже в таблице 1. Другие стратегии смягчения последствий, которые предотвращают выбросы при срабатывании газа (например, предотвращают образование конденсата из природного газа в технологических линиях), также могут сократить сжигание на факеле. Подробное описание мер по смягчению последствий приведено в других руководствах по передовой практике.

В остальной части данного документа описываются стратегии смягчения последствий, перечисленные ниже в таблице 1. Ссылки на дополнительную информацию приведены в Приложении.

Таблица 1: Методы сокращения сжигания на факелах

Стратегии по смягчению последствий	Описание
1. Предотвращение необходимости сжигания газа на факеле	Добавление второго сепаратора при проектировании скважин
2. Направление газа предназначенного для сжигания на факеле на продажу в качестве природного газа или сжиженного природного газа	2а Добавление на резервуарах устройств для рекуперации паров
	2б Сокращение сжигания на факелах во время проверки и завершения строительства скважин
	2в Сжатие природного газа и его транспортировка автотранспортом
	2г Регенерация сжиженного природного газа
3. Хранение газов, которые в противном случае были бы сожжены	Хранение газов посредством их закачки в нефтегазовые резервуары
4. Поиски альтернативных способов использования выбрасываемых газов	Использование остаточных газов для выработки электроэнергии
5. Повышение эффективности сжигания	5а Усовершенствование сжигания на управляемых вручную паровых или воздушных факелах
	5б Усовершенствование сжигания на небольших факельных установках на объектах, управляемых без участия человека

Стратегия по смягчению последствий 1: Добавление второго сепаратора при проектировании скважин⁵

На производственных объектах Рид, которые производят конденсат или сырую нефть, углеводородная жидкость из находящегося под давлением сепаратора направляется в открытый резервуар для конденсата. Метан будет «мгновенно выделяться» из жидкости в резервуаре и может быть сброшен или сожжен на факеле. Сброс этого «мгновенно выделяющегося» газа можно значительно снизить путем установки на данном объекте второго сепаратора.

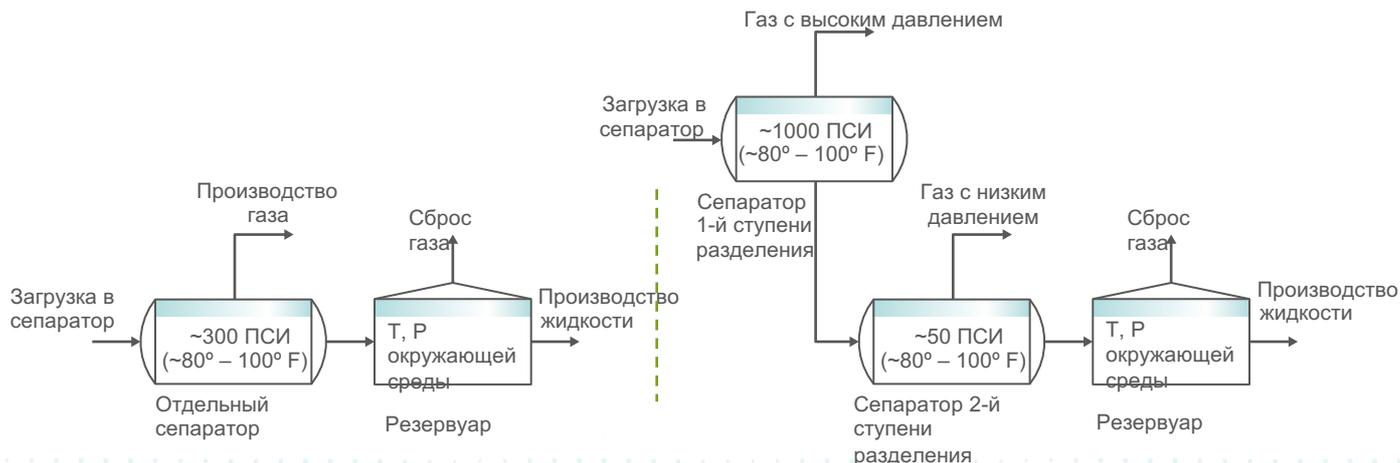
Нефть, вода и газ разделяются путем подачи жидкостей в сепаратор, который работает под давлением, промежуточным по отношению к давлению на устье скважины и атмосферному давлению в резервуаре для конденсата. Если вводится двухступенчатое разделение, как показано ниже на рисунке 2, добыча углеводородных жидкостей может быть повышена, а стравливание снижено.

Двухступенчатая сепарация возможна только на скважине с высоким давлением, а для газа с низким давлением, выделяющегося на второй стадии сепарации, может потребоваться компрессия. Давление насыщенных паров по Рейду (УПР) конденсата или сырой нефти, полученных в результате двухступенчатой сепарации, возрастает по сравнению с количеством, полученным в результате одностадийной сепарации, но все еще может быть ниже регулируемых значений во многих юрисдикциях.

Снижение выбросов и затрат на регенерацию

Двухступенчатая сепарация была оценена в регионе производства Eagle Ford в южных и центральных районах штата Техас.⁵ Со вторым сепаратором общая добыча углеводородного газа повысилась примерно на 15-20%, добыча углеводородной жидкости повысилась примерно на 1-4%, а выбрасываемые газы сократились примерно на 65-75%. Ориентировочные затраты на установку двухступенчатой сепарации были примерно в три раза

Рисунок 2: Добавление второй стадии сепарации приводит к повышению производства углеводородной жидкости и углеводородного газа при одновременном снижении количества газа при стравливании, подлежащего сжиганию



выше, чем в случае установки одноступенчатой сепарации. Хотя конкретные сроки окупаемости (время, требующееся для возмещения дополнительных затрат) не указываются, увеличение производства, связанное с добавлением второго сепаратора, предполагает срок окупаемости в несколько месяцев.⁵

Стратегия по смягчению последствий 2а: Добавление на резервуарах устройств для рекуперации газа⁶

На производственных объектах РИД, которые производят конденсат или сырую нефть, углеводородная жидкость из находящегося под давлением сепаратора направляется в открытый резервуар для конденсата. Метан будет «мгновенно выделяться» из жидкости в резервуаре и может быть сброшен или сожжен на факеле.

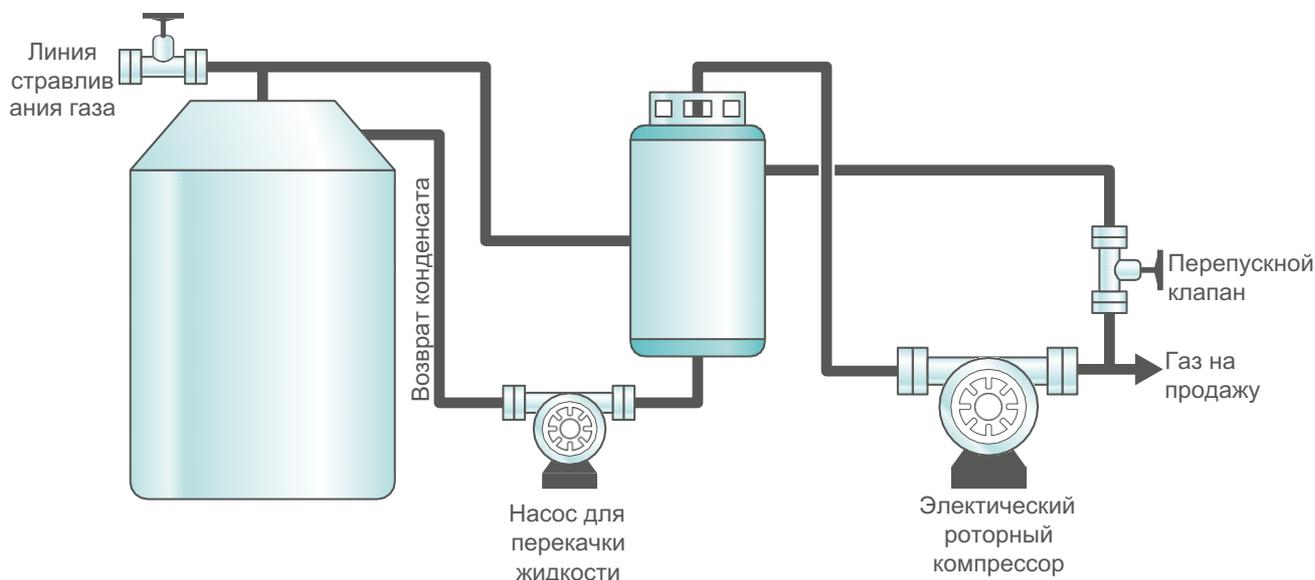
Это мгновенное выделение метана может происходить также в резервуарах, в которых содержится вода (хотя в гораздо меньшей степени, так как метан хорошо растворим в жидких углеводородах, но не очень растворим в воде).

Системы рекуперации паров могут улавливать мгновенно выделяющийся газ, подвергать его компрессии и передавать по газовой линии на продажу, а не сбрасывать его в атмосферу или сжигать. Система рекуперации паров может быть такой же простой, как небольшой компрессор, предназначенный для работы, когда давление в резервуаре достигает определенного уровня, или это может быть башня для регенерации восходящих газов (VRT), которая действует как сепаратор для мгновенно выделяющегося газа и позволяет компрессору блока рекуперации паров работать в более стабильном режиме.

Система рекуперации паров может также включать факел, если она не предназначена для регенерации потенциального максимального объема газа с объекта. Факел действует тогда, когда из резервуаров поступает избыточный мгновенно выделяющийся газ, и, таким образом, предотвращает стравливание.

На любом производственном объекте, на котором происходит мгновенное выделение газа, можно сократить выбросы посредством добавления системы рекуперации газа. На некоторых объектах (как например, в Канаде и США).

Рисунок 3: Установки для рекуперации паров могут отводить мгновенно выделяющийся газ, чтобы его можно было продать



Стратегии смягчения последствий

они обязательно должны иметься по техническим нормам для резервуаров, которые выпускают больше установленного объема газа. В других местах, системы рекуперации газа могут быть добавлены с целью получения экономической выгоды, если стоимость добытого газа превышает стоимость добавления системы регенерации паров или на основании добровольной корпоративной политики.

Снижение выбросов и затрат на восстановление

Системы рекуперации могут быть спроектированы для улавливания более 90% газа, который в противном случае мог бы быть сброшен в атмосферу или сожжен⁶. Однако, поскольку для регенерации газа почти всегда требуется оборудование для его компрессии, стоимость извлеченного газа, который затем может быть продан, должна сравниваться с первоначальными и эксплуатационными затратами всех частей системы рекуперации паров.

Стратегия по смягчению последствий 2б: Снижение сжигания газа на факеле в процессе испытаний и освоения скважины⁷

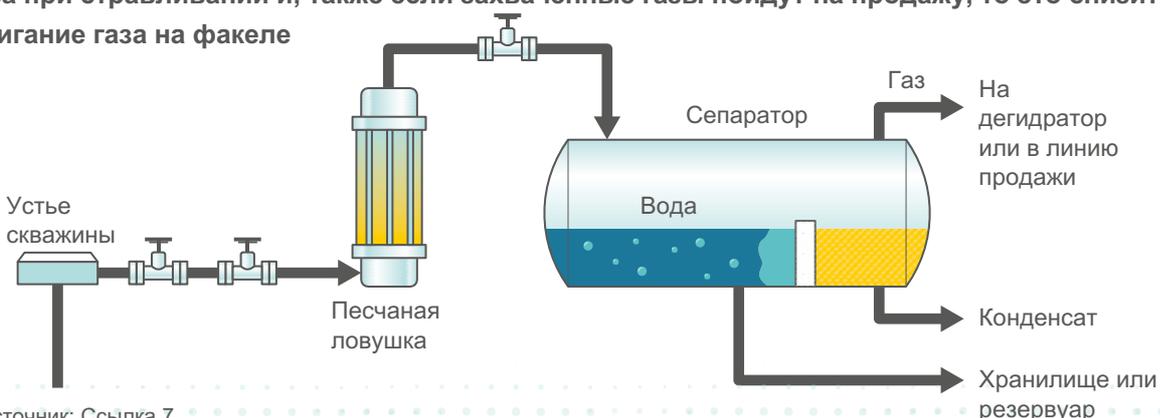
После бурения новых скважин скважина вводится в эксплуатацию с использованием процесса, называемого освоением скважины. В процессе завершения бурения буровой шлам, песок и

жидкость для гидроразрыва (жидкости из фрекинга) извлекаются до того, как скважина будет подключена к газовым линиям.

Этот процесс может привести к стравливанию или сжиганию газа, который во время освоения скважины дает обратный поток. Снижение объема обратного потока газа может уменьшить количество сжигаемого или стравливаемого газа. Во многих юрисдикциях, таких как США и Канада, в настоящее время требуется «зеленое освоение скважин» или «сокращение выбросов». При этом используются сепараторы для улавливания газа, который в противном случае был бы сброшен в атмосферу. Если газ из сепаратора будет продаваться, количество выбросов и сжигаемого на факеле газа уменьшится. Если захваченный газ будет подвергаться сжиганию, выбросы все равно будут снижены по сравнению со стравливанием (более подробную информацию приведена в руководстве по сокращению стравливания газа в атмосферу).

Во время испытания скважины выполняется сброс газа для проверки дебита скважины, что может привести к стравливанию или сжиганию газа. Для улавливания выброса газа используется временное оборудование. Довольно часто сепаратор для газа, выделяемого при испытании скважины, намного больше, чем постоянный сепаратор для скважины, поэтому он может быть доставлен на объект только на период испытания скважины.

Рисунок 4: Освоение скважины с учетом сокращения выбросов может уменьшить выбросы газа при стравливании и, также если захваченные газы пойдут на продажу, то это снизит сжигание газа на факеле



Источник: Ссылка 7

Снижение выбросов и затрат на генерацию

Экономические выгоды от сокращения выбросов при освоении включают уменьшение выбросов метана в атмосферу. Руководство EPA Gas Star по этому вопросу⁷ показывает большую финансовую отдачу от этой практики, если регенерированный газ продается. Если газ сжигается, а не регенерируется, выбросы метана все же уменьшаются.

Стратегия по смягчению последствий 2с: Выполнение компрессии природного газа и его транспортировки автомобильным транспортом⁸

Газ, который в ином случае может быть сброшен на факел, может быть переработан для удаления воды, серы и диоксида углерода, а затем подвергнуться компрессии на месте для получения сжатого природного газа (СПГ). Обычно СПГ необходимо подвергать дальнейшей переработке, чтобы обеспечить его приемлемое качество для трубопроводов, поэтому его можно транспортировать автомобильным транспортом до газоперерабатывающего завода.

Транспортировка СПГ на газоперерабатывающий завод, как правило, экономически выгодна для отдельной скважины, для объектов, которые находятся на расстоянии 30-40 км от завода. Транспортировка СПГ автомобильным транспортом на большие расстояния может быть выгодна также для участков с несколькими скважинами.

Снижение выбросов и затрат на генерацию

На основании анализов⁸ сделано предположение, что оптимальные объемы газа для этой стратегии составляют приблизительно 200 000 стандартных кубических футов в день (5700 стандартных кубических метров в день) для отдельных скважин и от 600 000 до 700 000 стандартных кубических футов в день (от 17 000 до 20 000 стандартных кубических метров в день), для площадок, на которых находится много скважин. Самые экономически эффективные решения позволяют добиться 90%-го снижения сброса на факел с учетом характерного снижения дебита.

Более высокий процент сокращения сброса на факел может быть достигнут за счет некоторого снижения рентабельности.

Стратегия по смягчению последствий 2d: Генерация сжиженного природного газа⁸

Генерация природного газа из остаточного газа с качеством, необходимым для трубопроводов, который в ином случае мог подвергнуться сбросу на факел, обычно включает также извлечение газоконденсатной жидкости (ГКЖ). Системы регенерации ГКЖ варьируются от простых систем расширительных клапанов, которые конденсируют только самые тяжелые ГКЖ (пентан и более тяжелые), до сложных криогенных технологий с использованием минусовых температур. Выбор системы зависит от содержания ГКЖ в газе и конечного использования ГКЖ.

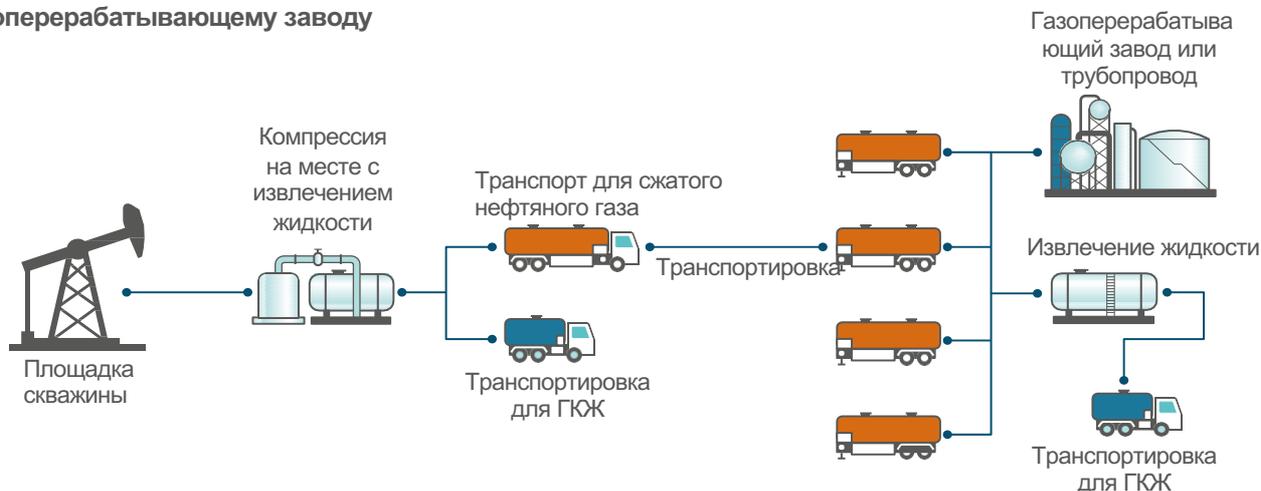
Пентан и более тяжелые ГКЖ могут быть отделены от остаточного газа с использованием мембранных систем под давлением и адсорбционных / абсорбционных систем. Эти системы обычно подходят для крупномасштабных систем. Отделение пентана и более тяжелых газовых смесей посредством охлаждения и расширительного клапана, как правило, подходит для производств небольшого масштаба и является довольно недорогим процессом. Для извлечения более легких ГКЖ, таких как пропан, экономичными подходами обычно являются процессы теплообмена и механического охлаждения. Для систем высокого давления могут использоваться агрегаты Джоуля-Томпсона, хотя они, как правило, имеют более высокую начальную стоимость, чем механическое охлаждение. Регенерация посредством «криогенного турборасширения» - это самый дорогой вариант, но с его помощью можно извлечь больше газов.⁸

Снижение выбросов и затрат на генерацию

Указанные расходы могут составлять менее 0,07 долларов США за стандартный кубический метр (2,00 долларов США за тысячу кубических футов), исходя из добычи газа в 10 000 стандартных кубических метров в сутки и материковом расположении скважин в пределах 80 км от газоперерабатывающего завода.⁸

Стратегии смягчения последствий

Рисунок 5: Транспортировка СПГ и ГКЖ автотранспортом к газоперерабатывающему заводу



Источник: Ссылка 7

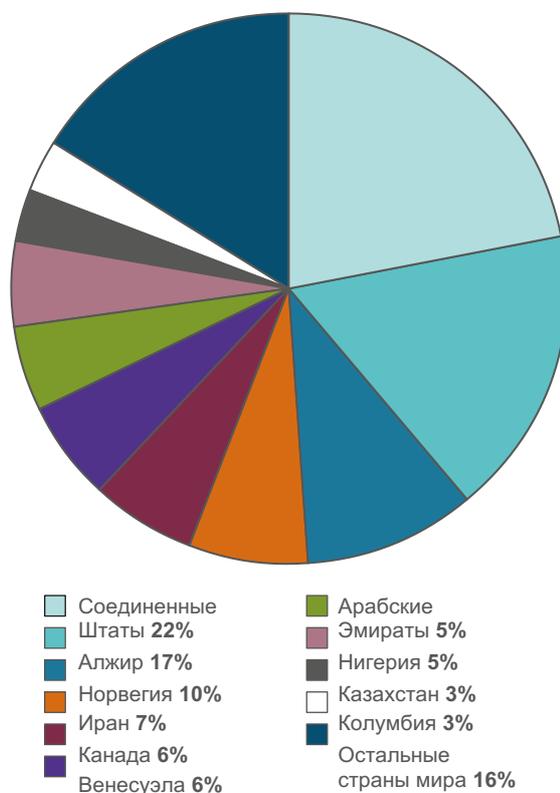
Стратегии по смягчению последствий 3: Хранение газов посредством их закачки в нефтегазовые резервуары^{9,10}

Остаточный газ может быть закачан обратно в резервуары, из которых он был извлечен, или в другие резервуары, для повышения добычи нефти. В 2015 году во всем мире было обратно закачено 17,5 триллионов кубических футов остаточного газа,⁹ что намного больше, чем общий объем сброса газа на факелы во всем мире (5 триллионов кубических футов или 145 миллиардов кубических метров).

Операции по повторной закачке газа распределены по всему миру неравномерно (см. приведенный ниже рисунок 6), причем большая часть операций по повторной закачке газа приходится на Алжир, Канаду, Иран, Казахстан, Норвегию, США, Объединенные Арабские Эмираты и Венесуэлу.⁹

Эффективность закачки газа зависит от конкретного резервуара.

Рисунок 6: Распределение закачиваемого природного газа в мире



Источник: Ссылка 9

Снижение выбросов и затрат на генерацию

Исходя из эффективности обратной закачки газа в регионах месторождений Баккен и Игл Форд в Соединенных Штатах, в результате обратной закачки газа может возникнуть положительная отдача от увеличения добычи нефти.¹⁰

Стратегии по смягчению последствий 4: Использование факельных газов для выработки электроэнергии⁸

Газовые турбины и «поршневые двигатели» могут преобразовывать газы в электричество. Типичные объемы операций варьируются от 0,2 до 10 мВт, хотя существуют микротурбины от 30 до 250 кВт. Электричество может быть использовано на месте для питания другого оборудования (включая контрольные устройства, насосы и воздушные компрессоры) или может быть продано в энергосистему.

Турбинам обычно требуются газы, которые содержат мало или вообще не содержат углеводородных жидкостей, и характеризуются низкими уровнями серы. Для других газов турбины, возможно, должны быть объединены с извлечением ГКЖ (см. Стратегию смягчения 2d). Смешивание неочищенного газа с дизельным топливом для использования в поршневых двигателях избавляет от необходимости извлечения ГКЖ. Выбор типа и размера устройства для использования является сложным делом. Во время бурения и освоения скважины объем необходимой мощности может варьироваться от 0,5 мВт до более 15 мВт. В процессе регулярной добычи требуемое количество энергии находится в диапазоне от 0,1 до 0,15 мВт (для одиночных скважин) и от 0,25 до 0,4 мВт (для участков с несколькими скважинами). Поскольку источник питания должен быть стабильным в процессе производства, а поток остаточного газа часто является переменным, обычно требуется некоторая форма резервного питания.

Выбор необходимого оборудования является сложным не только из-за изменений в потоке газа, но также из-за долгосрочного спада добычи, который может сделать один проект лучше на раннем этапе эксплуатации скважины и другой проект лучше на более поздних стадиях.

Для скважин, подключенных к сети, продажа генерируемой электроэнергии в сеть, как правило, является наилучшим вариантом.

Снижение выбросов и затрат на генерацию

Сжигание остаточного газа в турбине, а не на факеле, не может снизить выбросы. Однако вырабатываемое электричество может снизить потребность в других видах деятельности, вызывающих выбросы - на месте или за пределами площадки. Первоначальные затраты для этого варианта были зарегистрированы⁸ в диапазоне 600 000 долларов США за единицу 0,5 МВт и

1,2 млн. долларов США за установку мощностью 2 МВт. Агрегат мощностью 2 МВт, работающий на полную мощность, вырабатывает электроэнергию на сумму от 350 000 до 1 млн. долларов США (при цене на электроэнергию 0,02 долларов США за 0,06 кВт/ч), поэтому сроки окупаемости обычно превышают год, а более крупные агрегаты обычно имеют более короткое время окупаемости. Время окупаемости использования факельного газа для замены дизельного топлива в двигателях может быть более благоприятным, но это зависит от типов двигателей.⁸

Стратегия по смягчению последствий 5a: Усовершенствование сжигания на управляемых вручную факелах с поддувом паром или воздухом¹¹⁻¹⁴

Если нельзя избежать сжигания на факеле, выбросы метана могут быть сведены к минимуму, если сжигание на факеле будет максимально эффективным. Конструкция факела в основном зависит от объема и изменения расхода газа. Факельные установки, на которых сжигается большое количество газа, часто конструируются с помощью вспомогательных устройств для подачи воздуха или пара, которые обеспечивают дополнительную подачу кислорода в зону горения (см. рисунок 7). Увеличение подачи потока воздуха или пара в зону горения факела может уменьшить количество образовавшегося дыма, но если будет добавлено слишком много воздуха или пара, эффективность факела может снизиться. Недавно проведенные исследования^{11, 12} крупных факелов, типов конструкции, которые можно ожидать для больших объемов газа, показали, что работа факела, при которой достигается почти полное (> 98%) сгорание, при минимизации образования дыма, требует очень тщательного контроля уровней поддува.

Стратегии смягчения последствий

Рисунок 7а: Факелы с паровым поддувом (спереди, с дымящимся пламенем) и факелы с воздушным поддувом (на заднем плане), сжигающие отходящие газы при высоких скоростях потока

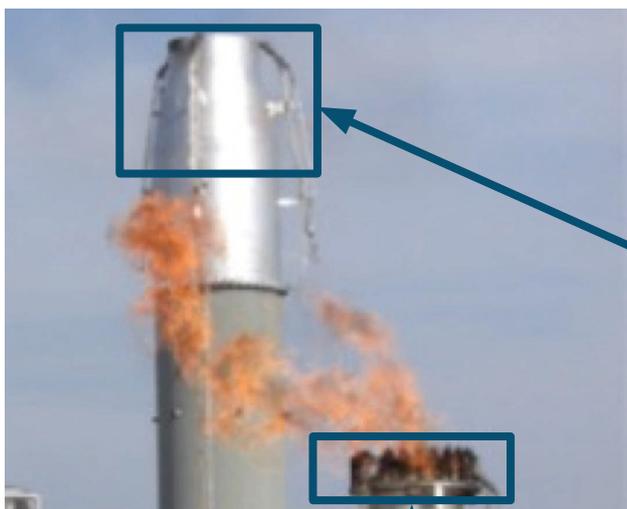


Рисунок 7в: Сопла с паровым впрыском окружают кончик факела



Источник: Университет Техаса

Рисунок 7б: Факел с воздушным поддувом с несколькими клиновидными участками потока, с чередованием потока воздуха и потока газа



Недавние исследования^{11,12} показали, что трудно свести к минимуму образование дыма и поддерживать эффективность сгорания, особенно если остаточные газы имеют относительно низкую теплоту сгорания, а факельные установки работают с небольшой долей своей мощности.

Поддержание скорости поддува, которая одновременно сводит к минимуму количество дыма и способствует максимальному сгоранию, часто может быть достигнуто с помощью квалифицированной работы. Обучение работе с факелами доступно,¹³ но достижение желаемых условий горения факелов может быть затруднено для факелов с фиксированными скоростями поддува, например, когда воздухоподушки с фиксированной скоростью используются в факельных установках с воздушным поддувом.¹⁴

Снижение выбросов и затрат на генерацию

Повышению эффективности сгорания может способствовать квалифицированная эксплуатация.¹³ Однако некоторые улучшения в эффективности могут потребовать модернизации факелов.

Стратегия по смягчению последствий 5б: Усовершенствование сжигания на небольших факельных установках на объектах, управляемых без участия человека

Большинство небольших факелов находятся на участках, управляемых без участия человека.⁴ Эти факелы предназначены для обработки небольших потоков остаточного газа, в нестандартных производственных условиях, таких как периоды, когда установка для рекуперации паров (УРП) находится под избыточным давлением или не работает, или во время освоения скважины. Если на каком-либо факеле имеет место срыв пламени (когда пламя гаснет и горение не имеет места), факел действует как вентиляционная труба и поэтому является неэффективным.

Хотя на многих небольших факелах предотвращается затухание пламени благодаря наличию дежурной горелки или искрового воспламенителя с датчиком пламени; для дежурной горелки обычно требуется отдельный стабильный поток газа, такой как подача с газовой линии. Для искрового зажигания требуется электрическое питание или аккумулятор.

В некоторых юрисдикциях, таких как Канада и США, в настоящее время для некоторых или всех скважин и производственных площадок требуется дежурная горелка или искровое зажигание.

Снижение выбросов и затрат на генерацию

Дежурные горелки или искровые зажигалки могут быть добавлены ко многим существующим факелам, или они могут быть встроены в факел. Снижение выбросов в результате повышения эффективности действия факельной установки можно сопоставить со стоимостью добавления этих устройств.

Чек-лист

Приведенный чек-лист позволит оценить прогресс в сокращении выбросов и благодаря лучшему использованию факельных установок.

Действие	Пометьте после завершения	Процентное количество объектов, включенных в деятельность
✓ Ведение точного учета источников срамливания газа		
✓ Ведение точного учета источников сброшенного на факельные установки газа, с указанием объема сжигаемого газа и длительности горения		
Выполнение оценки жизнеспособности каждой стратегии смягчения последствий, то есть стали ли объемы сжигаемого газа и продолжительность сжигания полезными. Если стратегия смягчения последствий является жизнеспособной, следует отследить ее использование.		
✓ Предотвращение сброса на факел (посредством многоступенчатого процесса сепарации на скважинах)		
✓ Извлечение оставшихся сброшенных на факел газов для продажи в качестве природного газа или сжиженного природного газа		
а. Добавление на резервуарах устройств для рекуперации газа		
б. Снижение сжигания газа на факеле в процессе испытаний и освоения скважины		
в. Выполнение сжатия природного газа и его транспортировки автомобильным транспортом		
г. Добыча сжиженного природного газа		
✓ Хранение газов посредством их закачивания в нефтегазовые резервуары		
✓ Поиски альтернативных способов использования сброшенных на факел газов		
✓ Усовершенствование эффективности факелов (если сброс газов на факелы необходим)		
д. Усовершенствование сжигания на управляемых вручную факелах с паровым или воздушным поддувом		
е. Усовершенствование эффективности сжигания на небольших факельных установках на объектах, управляемых без участия человека		

Приложение

Ссылки на дополнительную информацию по стратегиям смягчения последствий

Стратегии по смягчению последствий	Описание	Ссылки на более подробную информацию
1. Предотвращение необходимости в сжигании на факеле	Добавление второго сепаратора при проектировании скважин	(5)
2. Извлечение сброшенных на факел газов и их продажа в качестве природного газа или сжиженного природного газа	2а Добавление на резервуарах устройств для регенерации паров	(6)
	2б Сокращение сжигания на факелах во время проверки и освоения скважин	(7)
	2с Сжатие природного газа и его транспортировка автотранспортом	(8)
	2г Регенерация сжиженного природного газа	(8)
3. Хранение газов, которые в противном случае были бы сожжены	Хранение газов посредством их закачивания в нефтегазовые резервуары	(9,10)
4. Поиски альтернативных способов использования сброшенных на факел газов	Использование остаточных газов для выработки электроэнергии	(8)
5. Повышение эффективности сжигания	5а Усовершенствование сжигания на управляемых вручную факелах с паровым или воздушным поддувом	(11-14)
	5б Усовершенствование сжигания на небольших факельных установках на объектах, управляемых без участия человека	(13)

Более подробная информация о сжигании газа на факельных установках приведена в программе Всемирного банка «Глобальное партнерство в деле сокращения факельного сжигания газа»¹ Johnson and Coderre,³ Allen, et al.⁴; Агентство по охране окружающей среды США,¹⁵ Национальная академия наук, инженерии и медицины США,¹⁶ и Портер и др.,¹⁷

Список литературы

- 1 Всемирный банк, Глобальное партнерство по сокращению сжигания газа; Оценки сжигания на факелах с использованием спутниковых данных, доступно по ссылке <http://Pubdocs.worldbank.org/en/603281560185748682/pdf/Gas-flaring-volumes-Top-30-countries-2014-2018.pdf> (2019)
- 2 Международное энергетическое агентство, 2019, Трекер метана: сокращение выбросов метана при нефтегазовых операциях, доступно по ссылке: www.iea.org/weo/methane
- 3 М. Р. Джонсон и А. Р. Кодерре, «Составы и коэффициенты выбросов парниковых газов в факельных установках и при стравливании в осадочном бассейне Западной Канады», Journal of the Air & Waste Management Association, 62:9, 992-1002, doi: 10.1080/10962247.2012.676954 (2012).
- 4 Д.Т. Аллен, Д. Смит, В.М. Торрес и Ф. Кардосо Салданья, «Выбросы углекислого газа, метана и сажи при сжигании нефти и газа в Соединенных Штатах», Current Opinion in Chemical Engineering, 13, 119-123 (2016).
- 5 Ричард Ренер, Паниа Палаш и Део Милинд, «Сокращение сжигания попутного газа при добыче нефти из сланцев», Energy & Fuels 30.9 (2016): 7524-7531
- 6 Агентство по охране окружающей среды США (US EPA) https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/II_final_vap.pdf (2019).
- 7 Агентство по охране окружающей среды США (US EPA) https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-06/documents/reduced_emissions_completions.pdf, (2019)
- 8 Carbon Limits / Clean Air Task Force, «Улучшение использования попутного газа на месторождениях с трудноизвлекаемой нефтью в США», Отчет и приложения доступны по ссылкам www.catf.us/wp-content/uploads/2015/04/CATF_Pub_PuttingOuttheFire.pdf и www.catf.us/wp-content/uploads/2018/10/CATF_Pub_PuttingOuttheFire_Appendix.pdf (2015)
- 9 Управление энергетической информации США (2017), Закачиваемый газ, доступно по ссылке www.eia.gov/beta/international/data/browser/#/?pa=002&c=ruvvvvvfvtnvv1urvvvvfvvvvvfvvvou20evvvvvvvvvvvu0&ct=0&tl_id=3002-A&vs=INTL.48-1-AFG-BCF.A&cy=2015&vo=0&v=H&end=2017
- 10 Б. Б. Тодд Хоффман, Стив Сонненберг, Хосейн Каземи и Ци Цуй, «Преимущества повторного закачивания вместо сжигания добываемого газа в нетрадиционных нефтяных резервуарах». Доступно по ссылке www.onepetro.org/conference-paper/URTEC-1922257-MS (2014)
- 11 В. М. Торрес, С. Херндон, З. Кодеш, Р. Неттлз и Д. Т. Аллен, «Промышленные характеристики факельных установок в условиях низкого потока газа: Часть 1. Обзор исследования», «Исследования промышленной и инженерной химии», 51, 12559-12568, DOI: 10.1021/ie202674t (2012)
- 12 В. М. Торрес, С. Херндон и Д. Т. Аллен, «Промышленные характеристики факельных установок в условиях низкого потока газа: Часть 2. Исследования в области промышленной и инженерной химии на факелах с поддувом воздухом и паром», 51, 12569–12576, DOI: 10.1021/ie202675f (2012)
- 13 Техасский университет, «Дополнительное обучение работе с факелами», доступно по ссылке <https://sfot.ceer.utexas.edu/> (2019)

- 14 Ф.М. Аль-Фадли, В.М. Торрес и Д.Т. Аллен, «Влияние конфигураций вспомогательных факельных воздуходувок на выбросы с факела», *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 51, 12606-12610, DOI: 10.1021/ie3012209 (2012)
- 15 Агентство по охране окружающей среды США (US EPA) «Перечень США по выбросам и стравливанию парниковых газов: 1990–2017 апрель 2019.
- 16 Национальные академии наук, инженерии и медицины (NASEM) «Улучшение характеристики антропогенных выбросов метана в США» National Academy Press, Washington, DC (2018)
- 17 М.Д. Портер, Р. Натили и А. Стратман, «Выбросы на объекте по добыче сланцевой нефти в Марцелле: Преодоление трудностей в области, богатой жидкостями», Общество инженеров-нефтяников, Восточное региональное совещание (2016 г.).



METHANE
GUIDING
PRINCIPLES